



Ministério de Minas e Energia
Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético

Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas

edição 2007

CEPEL 
Grupo Eletrobrás


PROJETO
ESTAL
Ministério de Minas e Energia



Ministério de Minas e Energia
Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético

Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas

edição 2007



Ministério de Minas e Energia – MME

Ministro

Nelson José Hubner Moreira (*interino*)

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético

Márcio Pereira Zimmermann

Diretor do Departamento de Planejamento Energético

Iran de Oliveira Pinto

Ministério de Minas e Energia

Esplanada dos Ministérios Bloco U – 5º andar
70065-900 – Brasília – DF
Tel (55 61) 3319-5299 Fax (55 61) 3319-5067
www.mme.gov.br



Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL

Diretor Geral

João Lizardo Rodrigues Hermes de Araújo

Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento

Albert Cordeiro Geber de Melo

Diretor de Gestão e Infra-estrutura

Jorge Nunes de Oliveira

Chefe do Departamento de Otimização Energética e Meio Ambiente

Maria Elvira Piñeiro Maceira

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL

Av Horácio Macedo, 354
Cidade Universitária – CEP21941-598
Rio de Janeiro – RJ
Tel (55 21)2598-6000 Fax (55 21) 2260-1340
www.cepel.br



Estal – Energy Sector Technical Assistance Loan

Gerente do projeto ESTAL

José Carlos Gomes Costa

Gerente de Cooperação

Estevão Nunes da Cunha

APRESENTAÇÃO

A publicação deste Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas se insere no contexto da retomada da atividade de planejamento, como função de governo, pelo Ministério de Minas e Energia-MME, enquanto responsável pela concepção e implementação de políticas para o Setor Energético, em consonância com as diretrizes do Conselho Nacional de Políticas Energéticas (CNPE).

Este manual representa uma revisão e uma atualização do manual anterior, publicado em 1997, pela ELETROBRÁS. Na sua elaboração, foram consideradas a experiência nacional no campo dos inventários hidrelétricos de bacias hidrográficas e as mudanças ocorridas, nestes últimos dez anos, no Setor Elétrico brasileiro, particularmente nas áreas da legislação, do meio ambiente, dos recursos hídricos e dos aspectos institucionais.

O MME iniciou o processo de revisão do Manual em 2004, culminando com a contratação do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) para a sua coordenação e consolidação, sob supervisão deste Ministério, e contou ainda com o apoio do Banco Mundial, por meio do Projeto ESTAL – “Energy Sector Technical Assistance Loan”. Para a realização das atividades foi constituído um Grupo de Trabalho, com a participação de técnicos de diversas empresas com experiência em realização de inventários e de representantes de Associações de Classe.

Um aspecto relevante incorporado no Manual foi a Avaliação Ambiental Integrada dentro do conceito do desenvolvimento sustentável. Outro aspecto importante foi a consideração dos usos múltiplos da água conforme o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

Assim, é com satisfação que o MME coloca à disposição dos agentes do setor de energia elétrica o novo Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas, um instrumento atualizado, que incorpora avanços conceituais, metodológicos e técnicos ocorridos no Brasil e no âmbito internacional, no campo da avaliação dos recursos hidrelétricos. Este Manual será de grande utilidade para os estudos do aproveitamento do potencial hidrelétrico nacional, fonte primária de grande importância para o atendimento dos requisitos de energia elétrica do país nos horizontes de médio e longo prazos, conforme preconizado pelo Plano Nacional de Energia 2030.

Finalizando, o MME agradece publicamente a colaboração recebida de todas as instituições que participaram deste processo e que não mediram esforços ao colocar a serviço deste trabalho os melhores técnicos, representativos da reconhecida competência brasileira em estudos e projetos de aproveitamentos hidrelétricos.

Brasília, dezembro de 2007

NELSON JOSÉ HUBNER MOREIRA
Ministro de Estado, Interino, de Minas e Energia

Coordenação Executiva

Ministério de Minas e Energia – MME
Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento
Energético – SPE

Coordenação Geral

Márcio Pereira Zimmermann

Coordenação Executiva

Iran de Oliveira Pinto

Equipe Técnica

Altino Ventura Filho (*consultor*)
Andréa Figueiredo
Artur Costa Steiner
Eduardo de F. Madeira
Iran de Oliveira Pinto
John Denys Cadman (*consultor*)
Luiz Antonio Medeiros da Silva
Willian Rimet Muniz

Secretaria Executiva

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL

Coordenação Geral

Albert Cordeiro Geber de Melo

Coordenação Técnica

Fernanda da Serra Costa

Equipe Técnica

Alexandre Mollica Medeiros
Denise Ferreira de Matos
Fernanda da Serra Costa
Fernando Campelo Cavalcanti (*consultor*)
Igor Pinheiro Raupp
Jorge Machado Damázio
Kátia Cristina Garcia
Luciana Rocha Leal da Paz
Maria Elvira Piñeiro Maceira
Paulo Cesar Pires Menezes
Roberto Pereira D' Araújo (*consultor*)
Sílvia Helena Menezes Pires

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO-NA-FONTE
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ

Brasil. Ministério de Minas e Energia

Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas / Ministério de Minas e Energia, CEPEL. – Rio de Janeiro : E-papers, 2007.
684p. : il.

Apêndices

Anexos

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7650-137-4

1. Hidroeletricidade. 2. Energia elétrica. 3. Bacias hidrográficas. I. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Brasil). II. Título.

07-4372.

CDD 621.3

CDU 621.3

GRUPO DE TRABALHO

Este Manual é fruto de uma revisão que se iniciou em 2005 com a contratação do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL pelo Ministério de Minas e Energia através do projeto ESTAL (Projeto de Assistência Técnica ao Setor Elétrico) do Banco Mundial. Esta revisão teve com base o Manual Inventário de 1997 (ELETROBRÁS).

Para apoiar a revisão foi constituído um Grupo de Trabalho, formado por um Grupo Núcleo, um Executivo e um Consultivo. Fizeram parte do Grupo Núcleo o Ministério de Minas e Energia – MME (Coordenador), o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL (Secretaria Executiva), as Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – Eletrobrás e a Empresa de Pesquisa Energética – EPE. O objetivo deste grupo foi auxiliar o Ministério nas tomadas de decisão.

Para a análise do Manual de 1997 e proposição de aprimoramentos foi constituído o Grupo Executivo, subdividido em cinco subgrupos temáticos: Institucional, Estudos de Engenharia, Estudos Energéticos, Estudos de Recursos Hídricos e Estudos Socioambientais. Participaram destes subgrupos técnicos de diversas empresas do Setor Elétricos com experiência em estudos de Inventário, da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, do Ministério do Meio Ambiente – MMA, da Agência Nacional de Águas – ANA e de outros órgãos relacionados ao meio ambiente e recursos hídricos.

O Grupo Consultivo foi constituído com o objetivo de obter contribuições das associações de classe, universidades e consultores especializados em Estudos de Inventário.

Lista de Participantes do Grupo de Trabalho

Coordenação Geral

Márcio Pereira Zimmermann – SPE/MME

Grupo Núcleo

Ministério de Minas e Energia – MME (Coordenação Executiva)

- Iran de Oliveira Pinto

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL (Secretaria Executiva)

- Albert Cordeiro Geber de Melo
- Maria Elvira Piñeiro Maceira
- Fernanda da Serra Costa (Coordenação Técnica)

Centrais Elétricas Brasileira S.A. – Eletrobrás

- Renata Leite Falcão
- Rogério N. Mundim

Empresa de Pesquisa Energética – EPE

- José Carlos Miranda
- Ricardo Furtado

Grupo Executivo

- MME – Altino Ventura Filho*
- MME – Eduardo de F. Madeira
- MME – Estevão Nunes da Cunha
- MME – Iran de Oliveira Pinto
- MME – John Denys Cadman*
- CEPEL – Fernanda da Serra Costa
- CEPEL – Fernando Campelo Cavalcanti*
- CEPEL – Jorge Machado Damázio
- CEPEL – Maria Elvira P. Maceira
- CEPEL – Roberto Pereira D' Araújo*
- CEPEL – Silvia Helena M. Pires
- Eletrobrás – Arlete Rodarte Neves
- Eletrobrás – José Antonio Rosso
- Eletrobrás – Maria Luiza Milazzo
- Eletrobrás – Renata Leite Falcão
- EPE – Ricardo C. Furtado
- ANA – Bolívar A. Matos
- ANEEL – Rafael José T. Machado
- CEMIG – Humberto Ribeiro Mendes Neto
- CESP – Jean C. Negri
- CHESF – Fabrício A. Pinheiro
- COPEL – Denise Araújo Vieira Krüger
- COPEL – Emilio Hoffmann Gomes Junior
- ELETRONORTE – Paulo César M. Domingues
- ELETROSUL – Daniel Vieira de Almeida
- EMAE – Teresa Mara A. Lana
- FURNAS – Letícia Costa Manna
- MMA – Maria Ceicilene Rêgo (SQA)
- MMA – Raquel Scalia Alves Ferreira (SRH)

Subgrupo de Estudos de Engenharia

Coordenador

Aurélio Vasconcelos (CHESF)

Participantes

MME – John D. Cadman*
 CEPEL – Igor Pinheiro Raupp
 CEPEL – Paulo Cesar Pires Menezes
 Eletrobrás – Cinconegui G. Fernandes
 Eletrobrás – José Antonio Rosso
 Eletrobrás – Rubens F. Borim Filho
 EPE – José Oscar da Silva Moreira
 EPE – Maria Regina Toledo
 EPE – Marisa Moreira Marques
 EPE – Paulo Roberto Amaro

ANEEL – Carlos Martins Borges
 ANEEL – Rafael José T. Machado
 ANEEL – Mateus Machado Neves
 CEMIG – Guilherme Comiti
 CEMIG – Antônio Geraldo Carvalho
 CHESF – Alberto Medeiros C. Lopes
 CHESF – Jorge C.T.Cavalcanti
 CHESF – Ricardo José Barbosa de Souza
 COPEL – Arnaldo Tomoki Kido
 COPEL – Hélio Mitsui Sugai
 COPEL – Roberto Seara
 ELETRONORTE – Habib Sallum
 ELETRONORTE – Hélio Costa Franco
 ELETRONORTE – Nestor A. Mendes Pereira
 ELETROSUL – Francisco Carlos Santos
 ELETROSUL – Aniceto C. K. Pelka
 FURNAS – Ademar de Brito Filho
 FURNAS – Carlos Henrique O. da Rocha
 FURNAS – Letícia Costa Manna
 FURNAS – Vitor Manuel Marques dos Santos

Subgrupo de Estudos de Recursos Hídricos

Coordenador

Arlete Rodarte (Eletrobrás)

Participantes

MME – Eduardo de F. Madeira
 CEPEL – Fernanda da Serra Costa
 CEPEL – Fernando Campelo Cavalcanti*
 CEPEL – Igor Pinheiro Raupp
 Eletrobrás – Carlo Alberto B. Ferreira
 Eletrobrás – Marcelo Jaques Martins
 EPE – Ângela Livino de Carvalho
 ANA – Bolívar Antunes
 CEMIG – Marcelo de Deus Melo
 CEMIG – Valéria Almeida Lopes de Faria
 CESP – Regina Romanini
 CESP – Sergio Zuculin
 CHESF – Arquimedes Parente Paiva
 COPEL – Homero Buba
 COPEL – Marta Sugai
 COPEL – Mauro C. Azevedo
 ELETRONORTE – Luis Carlos Danilow
 ELETROSUL – Diego Luis Tedesco Dandolini
 FURNAS – Luiza Cristina Krau de Oliveira
 MMA – Raquel Scalia

* Consultor

Subgrupo de Estudos Energéticos

Coordenador

Fernanda da Serra Costa (CEPEL)

Participantes

MME – Altino Ventura Filho*
 MME – Artur Costa Steiner
 CEPEL – Ana Lucia Pimentel
 CEPEL – Fernando Campelo Cavalcanti
 CEPEL – Igor Pinheiro Raupp
 CEPEL – Jorge Machado Damázio
 CEPEL – Maria Elvira Piñeiro Maceira
 CEPEL – Roberto D’Araújo*
 Eletrobrás – Marcio Gomes Catharino
 Eletrobrás – Renato Santos de Almeida
 EPE – Ângela Livino de Carvalho
 EPE – Talita de Oliveira Porto
 ANA – Alan Vaz Lopes
 ANEEL – Rafael José T. Machado
 ANEEL – Mateus Machado Neves
 CEMIG – Aelton Marques de Faria
 CEMIG – Osvaldo Costa Ramos
 CHESF- Fabrício Araújo Pinheiro
 COPEL – Leonardo Guilherme Hardt
 COPEL – Wilson T. Pizzato
 ELETRONORTE – Admir Martins Conti
 ELETRONORTE – Mariana Sampaio Gontijo Vaz
 ELETRONORTE – Paulo Cesar Magalhães Domingues
 ELETROSUL – Ediu Campos
 ELETROSUL – Julio Guido Signoretti Jr
 FURNAS – Dimitri Guimarães Aviles
 FURNAS – Gilney Vilarim

Subgrupo de Estudos Socioambientais

Coordenador

Ricardo Cavalcanti Furtado (EPE)

Participantes

MME – Andréa Figueiredo
 MME – Luiz Antonio Medeiros da Silva
 CEPEL – Alexandre Mollica Medeiros
 CEPEL – Denise Ferreira de Matos
 CEPEL – Jorge Machado Damázio
 CEPEL – Kátia Cristina Garcia
 CEPEL – Luciana Rocha Leal da Paz
 CEPEL – Paulo Cesar Pires Menezes
 CEPEL – Silvia Helena M. Pires
 Eletrobrás – Daniella Feteira Soares
 Eletrobrás – Márcia Feitosa Garcia

EPE – Flávia Pompeu Serran
 EPE – Paulo Nascimento Teixeira
 EPE – Ronaldo Câmara Cavalcanti
 ANA – Marcelo Pires da Costa
 CEMIG – Humberto R. Mendes Neto
 CEMIG – Sérgio Pacheco
 CHESF – Ronaldo Jucá
 CHESF – Sheila de B. Moreira Melo
 COPEL – Arilde Sutil G. Camargo
 COPEL – Levy Aldo Brock
 ELETRONORTE – Bruno L. Payolla
 ELETROSUL – Breno Vielitz Neto
 FURNAS – Márcia Andrea de O. Mocelin
 IBAMA – Alexandre Pollastrini
 MMA/SBF – João Paulo Viana
 MMA/SECEX – Lúcia Regina Moreira Oliveira
 MMA/SQA – Maria Cecilene Rêgo
 MMA/SQA – Moema de Sá
 MMA/SQF – Dilma Lúcia Resende Carvalho

Subgrupo Institucional

Coordenador

Altino Ventura Filho* (MME)

Participantes

MME – Andréa Figueiredo
 MME – Willian Rimet Muniz
 CEPEL – Fernanda da Serra Costa
 CEPEL – Jorge Machado Damázio
 CEPEL – Maria Elvira Piñeiro Maceira
 CEPEL – Roberto D’Araújo*
 Eletrobrás – Maria Luiza Milazzo
 Eletrobrás – Rogério Neves Mundim
 EPE – Mirian Regini Nuti
 EPE – Ronaldo Câmara Cavalcanti
 ANEEL – Rafael José T. Machado
 CEMIG – Humberto Ribeiro Mendes Neto
 CESP – Jean C. Negri
 COPEL – Carlos Fernando Bley Carneiro
 COPEL – Denise Araújo Vieira Krüger
 COPEL – Marta Sugai
 Eletronorte – Hélio Costa de Barros Franco
 ELETROSUL – Renato Cândido Quadros
 FURNAS – Kátia Gisele Soares Matosinho
 FURNAS – Elisa Diniz R. Vieira

Grupo Consultivo

ABCE – Pedro Jensen
ABEMA – Alexandrina S. de Moura
ABEMA – Isaura Fraga
ABRAGE – João Alberto Bernardes do Vale
ABRH – Afonso Henriques
ABRH – José Nilson Campos
APINE – Luiz Fernando Leone Vianna
COPEL – Mauro Cesar Azevedo
COPEL – Sergio Montenegro Kraemer
CPFL Geração de Energia S/A – Alex de A. Germer
CPFL Geração de Energia S/A – Reginaldo Almeida Medeiros
CPFL Geração de Energia S/A – Robson H. Tanaka
ELETRONORTE – Isabela dos Reis Costalonga
LIGHT – João Vieira de Araújo
Tractebel Energia S.A – José Vicente Miranda Regina

SIGLAS

Agência Nacional de Águas	ANA
Agência Nacional de Energia Elétrica	ANEEL
Associação Brasileira de Normas Técnicas	ABNT
Avaliação Ambiental Distribuída	AAD
Avaliação Ambiental Integrada	AAI
Comissão de Cartografia/Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão	COCAR
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais	CPRM
Companhia Paranaense de Energia	COPEL
Confederação Nacional da Indústria	CNI
Conselho Nacional de Cartografia	CONCAR
Conselho Nacional de Recursos Hídricos	CNRH
Conselho Nacional do Meio Ambiente	CONAMA
Custo Unitário de Referência	CUR
Departamento de Estradas de Rodagem (estaduais)	DERs
Departamento Nacional da Produção Mineral	DNPM
Departamento Nacional de Infra-Estrutura e Transporte	DNIT
Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil/Ministério da Defesa	DHN
Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro/Ministério da Defesa	DSG
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	EMBRAPA
Empresa de Pesquisa Energética	EPE
Energia Armazenada Residual	EAR
Fundação Cultural Palmares (Ministério da Cultura)	FCP
Fundação Getúlio Vargas	FGV
Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	IBGE
Fundação Nacional do Índio	FUNAI
Imposto sobre Serviços	ISS
Índice de Desenvolvimento Humano	IDH
Índice de Impacto Socioambiental Negativo da Alternativa sobre cada Componente-Síntese na área de Estudo	IAC
Índice de Impacto Socioambiental Negativo da Alternativa sobre o Sistema Ambiental	IA
Índice de Impacto Socioambiental Positivo de cada Alternativa de Divisão de Queda Relativo a cada Elemento	IAE
Índice de Impactos Socioambiental Positivo da Alternativa sobre o Sistema Ambiental	IAP
Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis	IBAMA
Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada	IPEA
Instituto de Pesquisas Antropológicas do Rio de Janeiro	IPARJ
Instituto do Patrimônio Histórico e Arqueológico Nacional	IPHAN/
Instituto Internacional de Pesquisa e Responsabilidade Socioambiental Chico Mendes	INPRA
Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária	INCRA
Instituto Nacional de Meteorologia	INMET
Instituto Nacional de Pesquisa Espacial	INPE
Instituto Socioambiental	ISA

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento	MAPA
Ministério das Cidades	MCidades
Ministério das Minas e Energia	MME
Ministério de Meio Ambiente	MMA
Ministério do Desenvolvimento Agrário	MDA
Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome	MDS
Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior	MDIC
Ministério do Interior	MI
Ministério do Turismo	MTur
Ministério dos Transportes	MT
Níveis de Água	NA
Operador Nacional do Sistema Elétrico	ONS
Orçamento Padrão da Eletrobrás	OPE
Organização Mundial de Saúde	OMS
Organizações Técnicas de Ensino e Pesquisa	OTEP
Órgãos Estaduais de Meio Ambiente	OEMAs
Padrão de Exatidão Cartográfica	PEC
Plano Básico Ambiental (parte do processo de obtenção da Licença de Instalação)	PBA
Plano de Controle Ambiental (parte do processo de obtenção da Licença de Operação)	PCA
Plano de Recursos Hídricos	PRH
Plano Nacional de Recursos Hídricos	PNRH
Plano Plurianual	PPA
População Economicamente Ativa	PEA
Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento	PNUD
Relação Anual de Informações Sociais	RAIS
Secretaria de Patrimônio Histórico e Arqueológico Nacional	SPHAN
Secretaria de Recursos Hídricos	SRHU/
Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca	SEAP
Secretaria Especial de Políticas de Promoção da Igualdade Racial	SEPPIR
Secretarias Estaduais de Meio Ambiente	SEMA
Secretarias Estaduais de Recursos Hídricos	SERH
Sistema de Informações de Unidades de Conservação/IBAMA	SIUC
Sistema de Informações Geográficas	SIG
Sistema de Proteção da Amazônia	SIPAM
Sistema Interligado Nacional	SIN
Sociedade Brasileira de Espeleologia	SBE
Tarifa Atualizada de Referência	TAR
Usina Hidroelétrica	UHE

SUMARIO

	APRESENTAÇÃO	3
	GRUPO DE TRABALHO	5
	SIGLAS	9
	CAPÍTULO 1	
	INTRODUÇÃO	17
1.1	HIDROELETRICIDADE	19
1.2	OBJETIVO	21
1.3	PLANOS DE EXPANSÃO DO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO	22
1.4	ETAPAS DE ESTUDOS E PROJETOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO	24
1.5	FASES DOS ESTUDOS DE INVENTÁRIO HIDROELÉTRICO	26
1.6	PROCEDIMENTOS PARA ELABORAÇÃO E APROVAÇÃO DOS ESTUDOS DE INVENTÁRIO	31
1.7	APLICAÇÃO DESTE MANUAL	32
1.8	ESTRUTURA DO MANUAL	32
1.9	BIBLIOGRAFIA	32
	CAPÍTULO 2	
	CRITÉRIOS BÁSICOS	33
2.1	CRITÉRIOS ENERGÉTICOS	37
2.1.1	Sistema de Referência	37
2.1.2	Período Crítico	37
2.1.3	Benefícios Energéticos	37
2.1.4	Dimensionamento Energético	38
2.2	CRITÉRIOS DE USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA	41
2.2.1	Diagnóstico e Cenário dos Usos Múltiplos da Água na Bacia	41
2.3	CRITÉRIOS SOCIOAMBIENTAIS	42
2.3.1	Área de Estudo	42
2.3.2	Sistema Ambiental	42
2.3.3	Componentes-síntese	42
2.3.4	Subáreas	43
2.3.5	Sensibilidade, Fragilidade e Potencialidade	43
2.3.6	Avaliação dos Impactos Socioambientais	44
2.3.7	Avaliação Ambiental Integrada	46
2.4	CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DE LOCAIS BARRÁVEIS	47
2.5	CRITÉRIOS DE ARRANJOS	48
2.6	PARÂMETROS ECONÔMICOS	53
2.7	CRITÉRIOS PARA DIMENSIONAMENTO E CUSTO DE APROVEITAMENTOS	55
2.7.1	Dimensionamento de Estruturas e Equipamentos	55
2.7.2	Estimativa de Custos de Engenharia	55
2.7.3	Custos Socioambientais	56
2.8	CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS	57
2.8.1	Estudos Preliminares	57
2.8.2	Estudos Finais	57
2.9	DIVULGAÇÃO E PARTICIPAÇÃO PÚBLICA	58
2.10	BIBLIOGRAFIA	59

CAPÍTULO 3**PLANEJAMENTO DOS ESTUDOS 61**

3.1	COLETA E ANÁLISE DE DADOS	64
3.1.1	Cartografia	65
3.1.2	Hidrometeorologia	66
3.1.3	Usos Múltiplos da Água	67
3.1.4	Geologia e Geotecnia	69
3.1.5	Meio Ambiente	71
3.2	IDENTIFICAÇÃO DE LOCAIS BARRÁVEIS	73
3.3	RECONHECIMENTO DE CAMPO	74
3.4	ALTERNATIVAS DE DIVISÃO DE QUEDA	75
3.5.	RELATÓRIO DE PLANEJAMENTO DOS ESTUDOS	76
3.5.1	Aspectos Socioambientais e de Recursos Hídricos	76
3.5.2	Programa de Trabalho a Executar e Estimativa de Custos	76
3.6	BIBLIOGRAFIA	78

CAPÍTULO 4**ESTUDOS PRELIMINARES 79**

4.1	LEVANTAMENTO DE DADOS E ESTUDOS DIVERSOS	83
4.1.1	Cartografia	83
4.1.2	Hidrometeorologia	85
4.1.3	Geologia e Geotecnia	89
4.1.4	Meio Ambiente	90
4.2	USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA	92
4.2.1	Diagnóstico dos Usos Múltiplos da Água	92
4.2.2	Cenário de Usos Múltiplos da Água na Bacia	93
4.3	DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL	97
4.3.1	Processos e Atributos Físicos	100
4.3.2	Componente-síntese: Ecossistemas Aquáticos	103
4.3.3	Componente-síntese: Ecossistemas Terrestres	108
4.3.4	Componente-síntese: Modos de Vida	111
4.3.5	Componente-síntese: Organização Territorial	115
4.3.6	Componente-síntese: Base Econômica	120
4.3.7	Componente-síntese: Populações Indígenas/Populações Tradicionais	124
4.4	FORMULAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE DIVISÃO DE QUEDAS	128
4.5	FICHA TÉCNICA DOS APROVEITAMENTOS	129
4.6	ESTUDOS ENERGÉTICOS	130
4.6.1	Energia Firme de um Aproveitamento	130
4.6.2	Energia Firme de uma Alternativa	132
4.6.3	Ganho de Energia Firme	132
4.6.4	Otimização de Volumes Úteis	133
4.6.5	Potência Instalada	133
4.6.6	Tempo de Reenchimento dos Reservatórios	133
4.7	CONCEPÇÃO E ARRANJO DOS APROVEITAMENTOS	135
4.8	AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NEGATIVOS POR APROVEITAMENTO	136
4.8.1	Identificação dos Processos Impactantes	136
4.8.2	Avaliação do Impacto Socioambiental Negativo	137
4.8.3	Ecossistemas Aquáticos	139
4.8.4	Ecossistemas Terrestres	142
4.8.5	Modos de Vida	143
4.8.6	Organização Territorial	145
4.8.7	Base Econômica	149
4.8.8	Populações Indígenas/Populações Tradicionais	151
4.9	ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS	154

4.9.1	Conceituação	154
4.9.2	Orçamento em Nível Preliminar de Inventário	154
4.10	DIMENSIONAMENTO E ESTIMATIVAS DE CUSTOS	155
4.10.1	Terrenos, Servidões, Relocações e outras Ações Ambientais (Conta .10)	155
4.10.2	Estruturas e outras Benfeitorias (Conta .11)	157
4.10.3	Desvio do Rio (Conta .12.16)	158
4.10.4	Barragens (Conta .12.17)	159
4.10.5	Vertedouros (Conta .12.18)	161
4.10.6	Tomada de Água e Adutoras (Conta .12.19)	163
4.10.7	Turbinas e Geradores (Conta .13)	170
4.10.8	Equipamento Elétrico Acessório (Conta .14)	172
4.10.9	Diversos Equipamentos da Usina (Conta .15)	173
4.10.10	Estradas e Pontes (Conta .16)	173
4.10.11	Custo Direto Total	174
4.10.12	Custos Indiretos (Conta .17)	174
4.10.13	Custo Total sem Juros	174
4.10.14	Juros Durante a Construção (Conta .18)	174
4.11	COMPARAÇÃO E SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS	175
4.11.1	Índice Custo/Benefício Energético	175
4.11.2	Índice Socioambiental Negativo	177
4.11.3	Seleção das Alternativas	181
4.12	BIBLIOGRAFIA	184

CAPÍTULO 5

ESTUDOS FINAIS 187

5.1	CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS E INVESTIGAÇÕES COMPLEMENTARES	191
5.1.1	Cartografia e Topografia	191
5.1.2	Hidrometeorologia	192
5.1.3	Consolidação do Cenário para o Uso Múltiplo da Água na Bacia	193
5.1.4	Geologia e Geotecnia	193
5.1.5	Meio Ambiente	193
5.2	CONSOLIDAÇÃO DO DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL	195
5.3	ESTUDOS ENERGÉTICOS	196
5.3.1	Simulação da Operação	196
5.3.2	Determinação dos Volumes Úteis	197
5.3.3	Efetivo Potencial Instalado	197
5.3.4	Tempo de Reenchimento dos Reservatórios	198
5.4	AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DAS ALTERNATIVAS	199
5.4.1	Avaliação dos Impactos Socioambientais Negativos	199
5.4.2	Avaliação dos Impactos Socioambientais Positivos	203
5.5	CONCEPÇÃO DOS ARRANJOS FINAIS DOS APROVEITAMENTOS	219
5.5.1	Geral	219
5.5.2	Circuito Hidráulico de Geração	220
5.5.3	Desvio do Rio (Conta .12.16)	236
5.5.4	Barragens e Diques	248
5.5.5	Vertedouros (Conta .12.18)	257
5.5.6	Estradas de Rodagem, de Ferro e Pontes (Conta .16)	269
5.5.7	Custos Indiretos (Conta .17)	270
5.5.8	Juros Durante a Construção (Conta .18)	270
5.6	ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS	272
5.7	DIMENSIONAMENTO E ESTIMATIVAS DE CUSTO DOS APROVEITAMENTOS	278
5.7.1	Terrenos, Servidões e Outras Ações Socioambientais	278
5.7.2	Casa de Força	278
5.7.3	Desvio do Rio (conta .12.16)	351
5.7.4	Barragens e Diques (Conta .12.17)	406
5.7.5	Vertedouros	444
5.7.6	Tomada de Água e Adutoras (.12.19)	509

5.7.7	Estradas de Rodagem, de Ferro e Pontes (Conta .16)	583
5.7.8	Custos Indiretos (Conta .17)	583
5.7.9	Juros Durante a Construção (Conta .18)	584
5.8	COMPARAÇÃO E SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS	586
5.8.1	Índice Custo/Benefício Energético	586
5.8.2	Índice de Impacto Socioambiental Negativo	586
5.8.3	Índice de Impactos Socioambientais Positivos (IAp)	588
5.8.4	Definição da Alternativa Escolhida	589
5.9	ORDENAÇÃO DOS APROVEITAMENTOS DA ALTERNATIVA SELECIONADA	591
5.9.1	Custo Incremental	591
5.9.2	Ordem Econômica de Construção	591
5.10	BIBLIOGRAFIA	592

CAPÍTULO 6

AVALIAÇÃO AMBIENTAL INTEGRADA 595

6.1	OBJETIVO	598
6.2	ETAPAS DA AAI	599
6.3	INTEGRAÇÃO DOS ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS DO INVENTÁRIO E DA AAI	600
6.4	ORGANIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES CONTIDAS NOS ESTUDOS ANTERIORES	602
6.4.1	Diagnóstico Ambiental e Potenciais Conflitos	602
6.4.2	Principais Características da Alternativa de Divisão de Queda Seleccionada	602
6.4.3	Avaliação Ambiental Distribuída (AAD)	602
6.5	ATIVIDADES COMPLEMENTARES DA AAI	603
6.5.1	Áreas de Fragilidades e Potencialidades no Cenário Atual	603
6.5.2	Elaboração do Cenário de Referência	603
6.5.3	Avaliação Ambiental Integrada dos Efeitos da Implantação de todos os Empreendimentos da Alternativa de Divisão de Queda	604
6.5.4	Construção dos Indicadores de Sustentabilidade Socioambiental para a Região	605
6.5.5	Diretrizes e Recomendações	605
6.5.6	Divulgação Final dos Estudos	606

CAPÍTULO 7

RELATÓRIO FINAL DOS ESTUDOS DE INVENTÁRIO 607

7.1	ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	610
7.2	RELATÓRIO GERAL	611
7.2.1	Considerações Gerais	611
7.2.2	Introdução	611
7.2.3	Planejamento dos Estudos	612
7.2.4	Estudos Preliminares	612
7.2.5	Estudos Finais	612
7.2.6	Caracterização da Alternativa Seleccionada	614
7.2.7	Avaliação Ambiental Integrada da Alternativa Seleccionada	615
7.2.8	Conclusões e Recomendações	615
7.2.9	Complementos	615
7.2.10	Base de Dados	615
7.3	APÊNDICES	616
7.3.1	Apêndice A – Estudos Topográficos	616
7.3.2	Apêndice B – Estudos Geológicos e Geotécnicos	616
7.3.3	Apêndice C – Estudos Hidrometeorológicos	616
7.3.4	Apêndice D – Estudos Socioambientais	617
7.3.5	Apêndice E – Estudos de Usos Múltiplos da Água	617
7.3.6	Apêndice F – Estudos de Alternativas	617
7.3.7	Apêndice G – Relatório da Avaliação Ambiental Integrada	617
7.3.8	Apêndice H – Organização e Histórico dos Trabalhos	618

CAPÍTULO 1

APÊNDICE I 619

1	Apresentação	621
2	A Hidroeletricidade no Mundo.....	621
3	A Hidroeletricidade no Brasil	631
4	Os Empreendimentos Hidroelétricos no Contexto do Modelo Institucional do Setor Elétrico.....	639
5	Organização Institucional.....	641
6	A Legislação referente ao Aproveitamento de Potenciais Hidroelétricos	644

ANEXOS..... 659

ANEXO A	661
Gráficos e Quadros dos Estudos Preliminares	661
ANEXO B	663
Gráficos e Quadros dos Estudos Finais	663
ANEXO C.....	665
Planilhas de Dimensionamento e Quantificação	665
ANEXO D	666
SINV Versão 6.0.....	666
ANEXO E.....	667
Ficha Técnica dos Aproveitamentos	667
ANEXO F.....	672
Avaliação Ambiental Integrada: Exemplo de Procedimentos Metodológicos	672
ANEXO G	683
Formato do Arquivo de Vazões Mensais dos Aproveitamentos	683

An aerial photograph of a river system with several meanders and oxbow lakes. The water is a deep blue, and the surrounding land is a lighter, sandy or silty color. The meanders are prominent, with some forming large loops. The oxbow lakes are scattered throughout the landscape, some connected to the main river and others isolated. The overall scene is a natural, undisturbed river valley.

capítulo 1
Introdução

CAPÍTULO 1

1.1	HIDROELETRICIDADE	19
1.2	OBJETIVO	21
1.3	PLANOS DE EXPANSÃO DO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO	22
1.4	ETAPAS DE ESTUDOS E PROJETOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO	24
1.5	FASES DOS ESTUDOS DE INVENTÁRIO HIDROELÉTRICO	26
1.6	PROCEDIMENTOS PARA ELABORAÇÃO E APROVAÇÃO DOS ESTUDOS DE INVENTÁRIO	31
1.7	APLICAÇÃO DESTE MANUAL	32
1.8	ESTRUTURA DO MANUAL	32
1.9	BIBLIOGRAFIA	32

1.1 HIDROELETRICIDADE

O Brasil vem aproveitando seu potencial hidroelétrico de maneira a tornar o país auto-suficiente em energia elétrica, com base em uma fonte renovável, de baixo custo e com tecnologia nacional.

Por ser um dos usuários da água, o setor de energia elétrica tem a responsabilidade e o dever de planejar a utilização deste recurso como insumo para a produção de eletricidade de forma racional, otimizada e colocando-se no contexto dos demais usuários do mesmo.

Este fator remete, atualmente, a um arcabouço legal e institucional que abrange diferentes órgãos governamentais e permite a participação de diversos agentes. No Apêndice I, é apresentado um panorama da situação internacional e nacional quanto aos problemas e potencialidades da hidroeletricidade, bem como o contexto institucional em que se insere a elaboração dos estudos de inventário hidroelétrico no Brasil. Quando pertinente, apresenta-se também os aspectos de inter-relacionamento entre as instituições e os processos e procedimentos legais necessários à consecução do objetivo de geração da hidroeletricidade nessa etapa de planejamento. O Apêndice I foi organizado de acordo com os seguintes tópicos:

■ Hidroeletricidade no Mundo

Este tópico tem como finalidade apresentar uma avaliação das questões da hidroeletricidade no mundo atualmente. Aborda as considerações feitas por instituições tais como a International Hydropower Association, Comissão Mundial de Barragens, World Research Institute e a International Rivers Network, fornecendo um quadro geral das questões favoráveis e contrárias à construção de barragens. É apresentado um resumo sobre as questões das barragens no mundo, ilustrado por um quadro geral quantitativo e qualitativo sobre as existentes hoje, procurando evidenciar que a questão não se limita apenas à produção de energia. No sentido de preparar os responsáveis por futuros inventários hidroelétricos sobre os possíveis conflitos, são apresentadas as principais críticas à construção de hidroelétricas em nível internacional. É apresentada, ainda, uma discussão sobre o impacto de grandes barragens, procurando mostrar que a questão não pode ser reduzida apenas à escala do projeto.

São indicados alguns dados internacionais sobre a hidroeletricidade, visando mostrar seu papel na matriz energética mundial. Apresentam-se dados sobre os maiores países produtores de eletricidade e aqueles líderes na produção de hidroeletricidade. Chama-se a atenção sobre as diferenças existentes entre os sistemas elétricos no mundo mostrando que o caso brasileiro é excepcional. Acrescenta-se uma avaliação internacional sobre os países com potencialidades de desenvolvimento da hidroeletricidade. São mostradas ainda algumas especificidades das hidroelétricas não observadas em outras fontes, e que, se corretamente desenvolvidas, tornam as usinas hidroelétricas ainda mais competitivas.

■ A Hidroeletricidade no Brasil

O potencial hidroelétrico nacional e a viabilidade de seu aproveitamento são ilustrados com um quadro geral dos projetos hidroelétricos classificados quanto ao estágio de desenvolvimento, localização, tamanho, bacia hidrográfica e área ocupada, elaborado com base nos dados do Sistema de Informações do Potencial Hidroelétrico Brasileiro (SIPOT).¹ É apresentado um histórico do aproveitamento do recurso hidroelétrico no País, com aspectos da implantação do sistema, da criação das empresas e do desenvolvimento geral do setor de energia elétrica.

Também é apresentado o sistema hidroelétrico atual, as perspectivas de seu desenvolvimento e o papel do sistema de transmissão de interligação entre bacias hidrográficas brasileiras, que foi desenvolvido de forma a possibilitar uma grande diversidade de configurações de despacho que otimiza o recurso

1 SIPOT – Sistema de Informações do Potencial Hidroelétrico Brasileiro, Eletrobrás. sipot@eletrobras.com.

hídrico de forma integrada. Tal aspecto é mais relevante para viabilizar aproveitamentos hidroelétricos na região norte.

É realizado, ainda, um exame sucinto sobre a evolução dos aspectos socioambientais na geração hidroelétrica brasileira a partir do Plano Diretor de Meio Ambiente (II PDMA) e a partir das diversas alterações da legislação pertinente.

- Os Empreendimentos Hidroelétricos no Contexto do Modelo Institucional do Setor Elétrico

Mostra a evolução da legislação própria do setor elétrico a partir das reformas iniciadas em 1995 com a edição das Leis nºs 9.074 e 8.987 sobre o regime de concessões.

- Organização Institucional

São indicadas as entidades, os agentes e suas respectivas atribuições.

- A Legislação referente ao Aproveitamento de Potenciais Hidroelétricos

No ano de 1995, a Lei nº 8.987 promoveu significativa modificação no regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos. Ela regulamenta o artigo 175 da Constituição Federal de 1988, cuja nova disciplina determina que as concessões de serviços e obras públicas e as permissões de serviços públicos sejam objetos de licitação. Esse item discute as diversas implicações dessa mudança de enfoque, abordando os seguintes aspectos:

- Concessões para empreendimentos do setor elétrico.
- Resoluções referentes aos Estudos de Inventário Hidroelétrico.
- Compensação financeira.
- Política Nacional de Recursos Hídricos.
- Política Nacional de Meio Ambiente.

1.2 OBJETIVO

Este Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas tem por objetivo apresentar um conjunto de critérios, procedimentos e instruções para a realização do inventário do potencial hidroelétrico de bacias hidrográficas.

O potencial hidroelétrico de uma bacia hidrográfica, referido neste Manual, corresponde ao potencial que pode ser técnico, econômico ou socioambientalmente aproveitado, levando-se em conta um cenário de utilização múltipla da água na bacia em estudo.

As técnicas e metodologias correspondentes a este tema vêm sendo utilizadas e aprimoradas, no Brasil, desde o início da década de 1960. A metodologia desenvolvida, descrita neste Manual, representa o resultado da experiência nacional adquirida em projetos de aproveitamentos hidroelétricos.

Esta nova edição do Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas teve como base o Manual de 1997² e incorporou os seguintes itens:

- Metodologia e critérios dos Estudos Socioambientais compatibilizados com a Avaliação Ambiental Integrada (AAI).
- Capítulo para análises específicas relacionadas a AAI da alternativa escolhida nos Estudos Finais.
- Metodologia e critérios para consideração, nos Estudos Finais, dos potenciais impactos socioambientais positivos, provenientes da implantação dos aproveitamentos hidroelétricos.
- Atualização da metodologia e critérios para a construção do cenário de usos múltiplos da água a luz do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).
- Atualização dos procedimentos para dimensionamento, quantificação e obtenção de custos.
- Atualização dos preços unitários.
- Alteração da metodologia multiobjetivo na seleção de alternativas de divisão de queda nos Estudos Finais de forma a incorporar os impactos socioambientais positivos.
- Atualização do programa SINV³ – Sistema para Estudos de Inventários Hidroelétricos – que realiza os estudos energéticos e socioambientais de acordo com os procedimentos do Manual.

2 Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas, Eletrobrás, 1997.

3 SINV – Sistema para estudos socioambientais, energéticos e de seleção de alternativas em Inventários Hidroelétricos de Bacias Hidrográficas, CEPEL, 2007.

1.3 PLANOS DE EXPANSÃO DO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

O planejamento do Setor Energético Nacional é entendido como uma atividade voltada para definir a expansão do sistema produtor/gerador, do sistema de transporte e de armazenamento de energia (nas hidroelétricas e nos estoques de combustíveis). Nesse processo, ajusta-se a oferta à demanda prevista ao longo do horizonte temporal analisado, considerando-se as opções das fontes energéticas nacionais e a importação/exportação de energia e de energéticos. Esta atividade, em geral, contempla diversos tipos de estudos, com objetivos e horizontes temporais distintos, conforme o enfoque a ser priorizado.

Considerando as características do sistema de energia elétrica nacional e os demais setores energéticos, o planejamento da sua expansão é desenvolvido em três etapas distintas de estudos, conforme a seguir:

- **Estudos de Longo Prazo**, com horizontes de até 30 anos, onde se procura analisar as estratégias de desenvolvimento dos diversos sistemas energéticos do País e a composição futura da oferta de energia. Estabelecem-se, também, as prioridades para o desenvolvimento tecnológico e industrial do País e um programa de estudos de engenharia voltados para definir a viabilidade técnica, econômica e socioambiental dos diversos empreendimentos energéticos. Desse estudo resultam a indicação das bacias prioritárias para elaboração de Estudos de Inventário Hidroelétrico, as diretrizes para os estudos de curto prazo, assim como as indicações dos custos marginais de expansão de longo prazo.

Os principais condicionantes destes estudos são: a evolução da economia nacional e dos respectivos requisitos do mercado de energia; a disponibilidade das fontes energéticas primárias e as opções de importação de energia e de energéticos; as tendências de evolução tecnológica, particularmente das fontes energéticas renováveis; os impactos ambientais dos projetos; e os programas de conservação e de eficiência no uso e na produção de energia. Sua periodicidade é, em média, de 4 a 5 anos, tendo como resultados as estratégias e as políticas para a energia, consolidadas nos estudos da Matriz Energética Nacional e do Plano Nacional de Energia.

- **Estudos de Médio Prazo**, com horizontes de 15 anos, para o setor de energia elétrica, onde são analisadas alternativas de expansão da geração e da transmissão, ajustadas aos requisitos do mercado de energia elétrica. Estes estudos são desenvolvidos para casos específicos do planejamento, como por exemplo, os estudos e dimensionamentos das interligações elétricas entre regiões do País, a inserção da hidroeletricidade da Amazônia no sistema interligado nacional e definição de custos marginais para dimensionamento de hidroelétricas. A sua realização atende às necessidades específicas de estudos da expansão do sistema elétrico nacional.

Os principais condicionantes destes estudos são os mesmos dos estudos de curto prazo, a seguir apresentados.

- **Estudos de Curto Prazo**, com horizontes de no mínimo 10 anos, onde são apresentadas as decisões relativas à expansão física da oferta de energia, definindo os empreendimentos e sua alocação temporal, sendo elaboradas as análises das condições de suprimento ao mercado. As metas físicas e os programas de expansão são estabelecidos de modo a subsidiar, no caso da energia elétrica, a realização dos futuros leilões de compra de energia de novos empreendimentos de geração e dos futuros leilões de novas instalações de transmissão. São apontados os estudos de viabilidade técnica, econômica e socioambiental de novos empreendimentos de geração a serem realizados.

Os demais energéticos também são analisados, considerando a prioridade atual de desenvolver o Plano com um enfoque energético integrado, em particular para o petróleo e derivados, os combustíveis líquidos, o gás natural, as fontes alternativas renováveis e o carvão mineral.

Os principais condicionantes destes estudos são: os requisitos do mercado de energia; os critérios de garantia de suprimento e de minimização dos custos de investimento; os prazos de implantação dos empreendimentos, com a consideração dos estudos de engenharia e de meio ambiente. Sua periodicidade é anual e resulta no Plano Decenal de Expansão.

Assim, o planejamento da expansão do sistema de energia nacional consolida os seus estudos em dois planos distintos, o Plano Decenal de Expansão e o Plano Nacional de Energia. Este último, estratégico, com suas diretrizes e políticas para a energia, é fundamental para a adequada elaboração do Plano Decenal.

Neste processo de planejamento, os Estudos de Inventário desempenham papel fundamental. A boa qualidade de planos de expansão depende da execução de Estudos de Inventário coerentes e homogêneos, compatíveis entre si, mesmo que elaborados por equipes técnicas diferentes.

1.4 ETAPAS DE ESTUDOS E PROJETOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO

O ciclo de implantação de uma usina hidroelétrica compreende cinco etapas (ver Figura 1.4.01).

Pode-se dizer que os Estudos para implantação de um aproveitamento hidroelétrico se iniciam com a **Estimativa do Potencial Hidroelétrico**. É nesta etapa que se procede à análise preliminar das características da bacia hidrográfica, especialmente quanto aos aspectos topográficos, hidrológicos, geológicos e ambientais, no sentido de verificar sua vocação para geração de energia elétrica. Essa análise, exclusivamente pautada nos dados disponíveis, é feita em escritório e permite a primeira avaliação do potencial e estimativa de custo do aproveitamento da bacia hidrográfica e a definição de prioridade para a etapa seguinte.

A fase seguinte, o **Inventário Hidroelétrico**, se caracteriza pela concepção e análise de várias alternativas de divisão de queda para a bacia hidrográfica, formadas por um conjunto de projetos, que são comparadas entre si, visando selecionar aquela que apresente melhor equilíbrio entre os custos de implantação, benefícios energéticos e impactos socioambientais. Essa análise é efetuada com base em dados secundários, complementados com informações de campo, e pautado em estudos básicos cartográficos, hidrometeorológicos, energéticos, geológicos e geotécnicos, socioambientais e de usos múltiplos de água. Dessa análise resultará um conjunto de aproveitamentos, suas principais características, índices custo/benefício e índices socioambientais. Faz parte dos Estudos de Inventário submeter os aproveitamentos da alternativa selecionada a um estudo de Avaliação Ambiental Integrada visando subsidiar os processos de licenciamento. Estes aproveitamentos passam então a ser incluídos no elenco de aproveitamentos inventariados do País, passíveis de compor os planos de expansão anteriormente descritos.

Em seguida, ocorre a etapa de **Viabilidade**, na qual são efetuados estudos mais detalhados, para a análise da viabilidade técnica, energética, econômica e socioambiental que leva à definição do aproveitamento ótimo que irá ao leilão de energia. Os estudos contemplam investigações de campo no local e compreendem o dimensionamento do aproveitamento, do reservatório e da sua área de influência e das obras de infra-estrutura locais e regionais necessárias para sua implantação. Incorporam análises dos usos múltiplos da água e das interferências socioambientais. Com base nesses estudos, são preparados o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) de um empreendimento específico, tendo em vista a obtenção da Licença Prévia (LP), junto aos órgãos ambientais.

Na seqüência de desenvolvimento do projeto, após a licitação passa-se à elaboração do **Projeto Básico**. O aproveitamento concebido nos estudos de viabilidade é detalhado, de modo a definir, com maior precisão, as características técnicas do projeto, as especificações técnicas das obras civis e equipamentos eletromecânicos, bem como os programas socioambientais. Deve ser elaborado o Projeto Básico Ambiental com a finalidade de detalhar as recomendações incluídas no EIA, visando a obtenção da Licença de Instalação (LI), para a contratação das obras.

Na etapa seguinte, desenvolve-se o **Projeto Executivo**, que contempla a elaboração dos desenhos dos detalhamentos das obras civis e dos equipamentos eletromecânicos, necessários à execução da obra e à montagem dos equipamentos. Nesta etapa são tomadas todas as medidas pertinentes à implantação do reservatório, incluindo a implementação dos programas socioambientais, para prevenir, minorar ou compensar os danos socioambientais, devendo ser requerida a Licença de Operação (LO).

Finalizada a construção, têm-se a fase de enchimento do reservatório e o início da operação, em que a geração de energia é acompanhada por ações que visam ao monitoramento e, eventualmente, à corre-

ção das medidas tomadas nas etapas anteriores. A operação só poderá ser iniciada após a obtenção da Licença de Operação (LO).

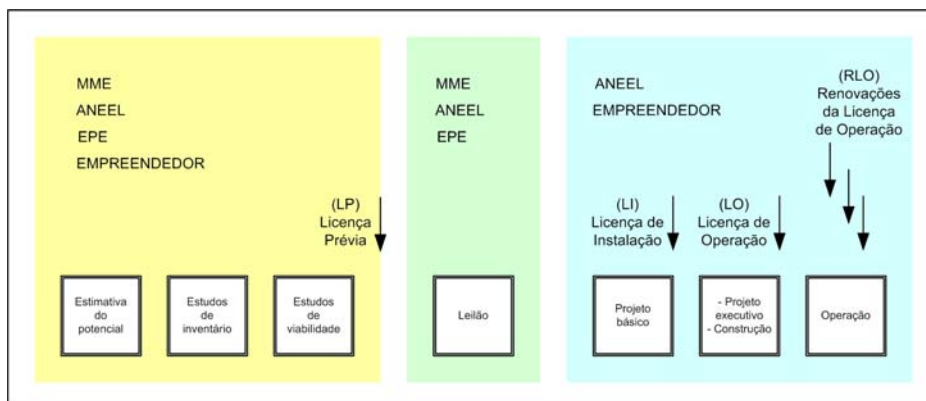


Figura 1.4.01 – Etapas de implantação de aproveitamentos hidroelétricos.

1.5 FASES DOS ESTUDOS DE INVENTÁRIO HIDROELÉTRICO

Os Estudos de Inventário Hidroelétrico de uma bacia hidrográfica são realizados em quatro fases:

■ Planejamento do Estudo

É a fase inicial, onde se planejam e se organizam as atividades do Estudo de Inventário, discriminando os levantamentos e estudos necessários e estimando a sua duração e o seu custo. O produto final é um relatório gerencial contendo o programa de trabalho a executar. O fluxograma da Figura 1.5.01 apresenta as atividades desta etapa.

■ Estudos Preliminares

Nesta fase propõem-se alternativas de divisão de queda para o aproveitamento do potencial hidroelétrico, avalia-se preliminarmente esse potencial e estimam-se os custos e impactos socioambientais negativos associados à sua utilização com base em dados secundários. Os Estudos Preliminares visam selecionar as alternativas mais atraentes sob os pontos de vista socioambiental, energético e econômico, para que sejam examinadas em maior detalhe na fase subsequente. O fluxograma da Figura 1.5.02 apresenta as atividades desta etapa.

■ Estudos Finais

Nos Estudos Finais de Inventário determina-se um conjunto de obras e instalações que corresponda ao desenvolvimento integral do potencial hidroelétrico socioambiental e economicamente aproveitável da bacia.

Esta fase é caracterizada pelo aprofundamento dos estudos, incorporando-se na análise as avaliações dos impactos socioambientais positivos e pela realização de levantamentos complementares de campo para os aproveitamentos constantes das alternativas de divisão de queda selecionadas na fase anterior. O fluxograma da Figura 1.5.03 apresenta as atividades desta etapa.

■ Avaliação Ambiental Integrada da Alternativa Selecionada

Esta etapa tem como finalidade complementar e consolidar os estudos socioambientais da alternativa selecionada nos Estudos Finais, de modo a destacar os efeitos cumulativos e sinérgicos resultantes dos impactos negativos e positivos ocasionados pelo conjunto de aproveitamentos que a compõem. É nesta etapa que são estabelecidas diretrizes socioambientais para a continuidade dos estudos de concepção dos projetos e para futuros estudos socioambientais na bacia, bem como para subsidiar o processo de licenciamento ambiental dos futuros empreendimentos. O fluxograma da Figura 1.5.04 apresenta as atividades desta etapa.

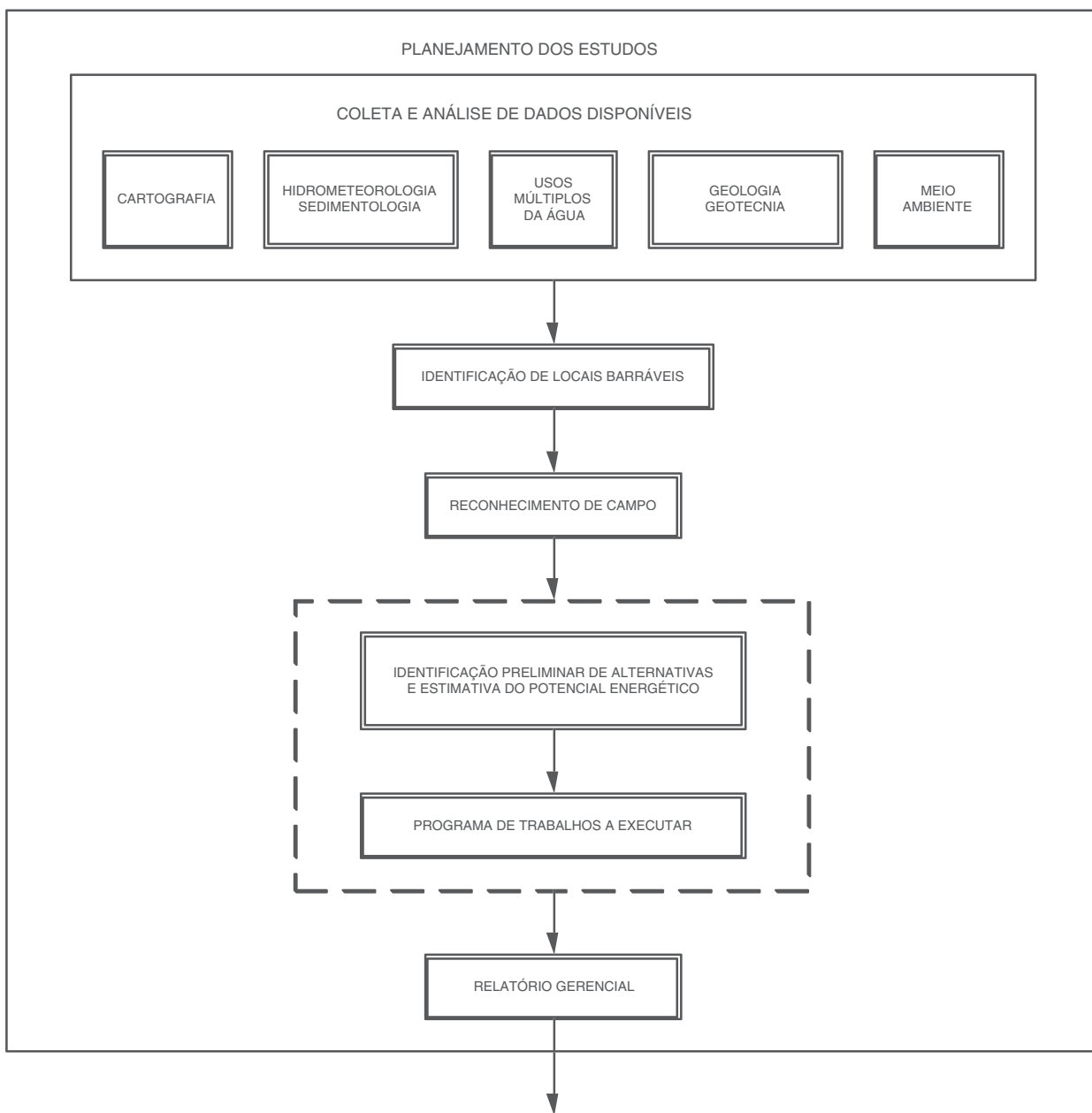


Figura 1.5.01 – Fluxograma da Etapa de Planejamento dos Estudos.

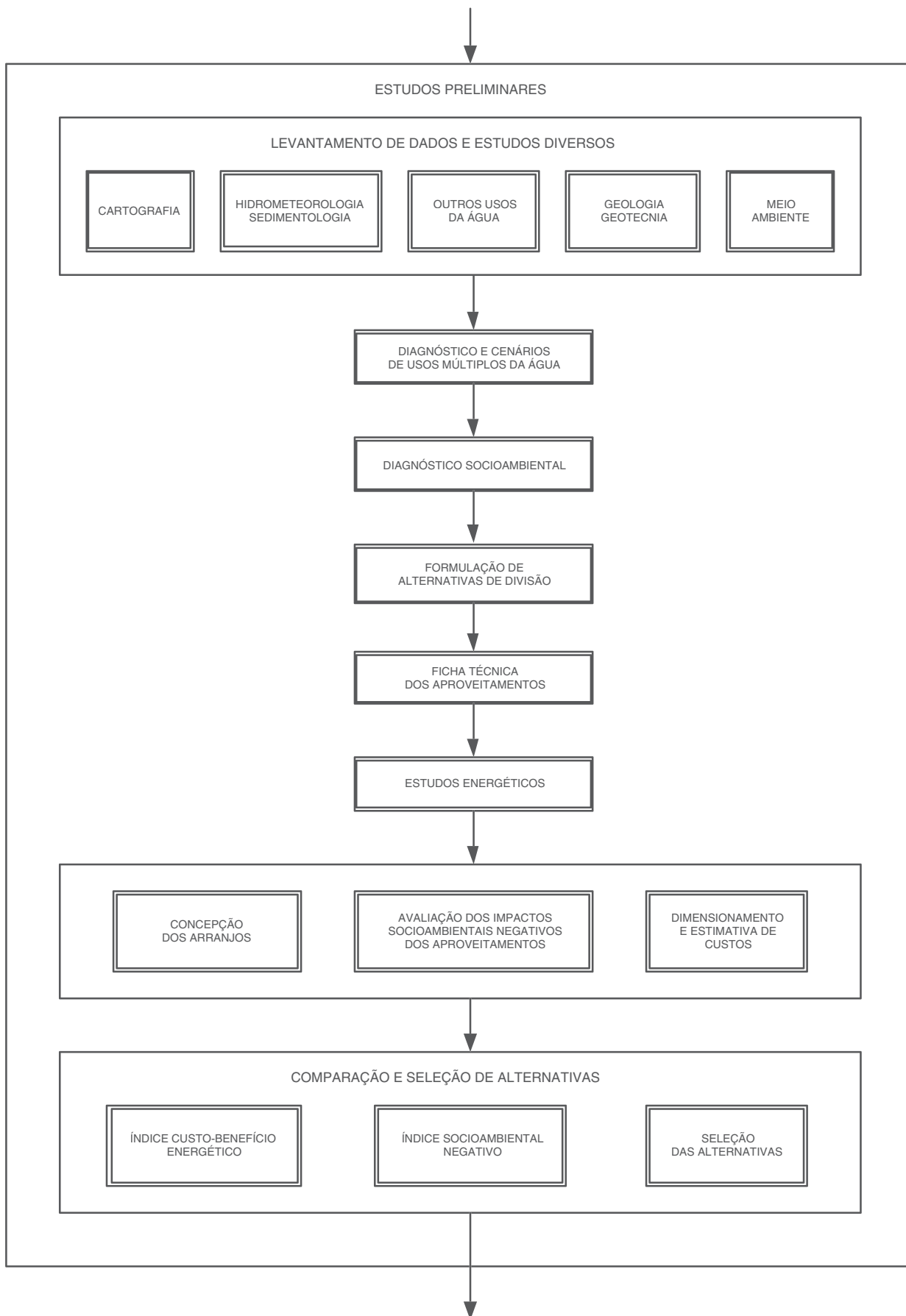


Figura 1.5.02 – Fluxograma da Etapa de Estudos Preliminares.

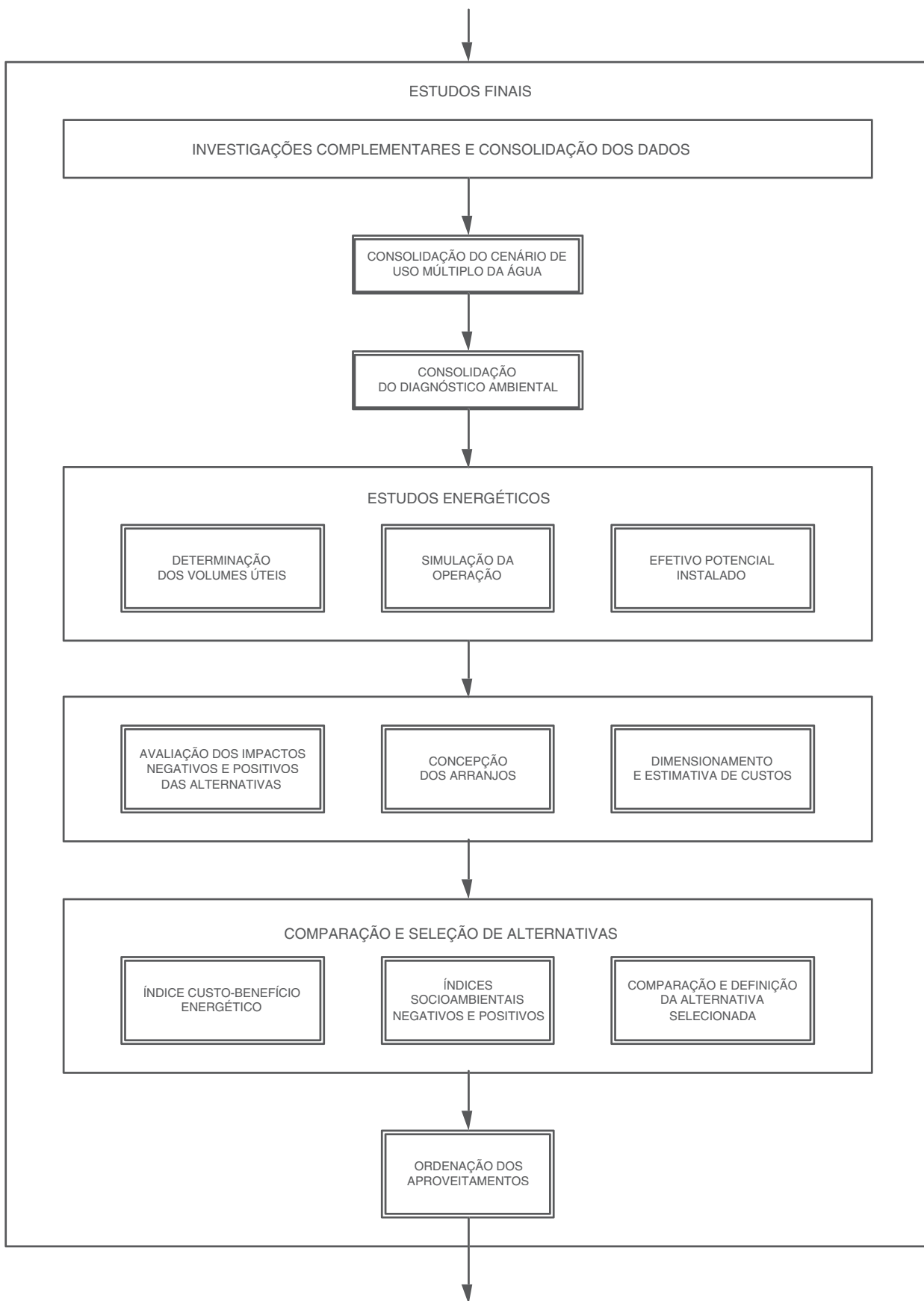


Figura 1.5.03 – Fluxograma da Etapa de Estudos Finais.

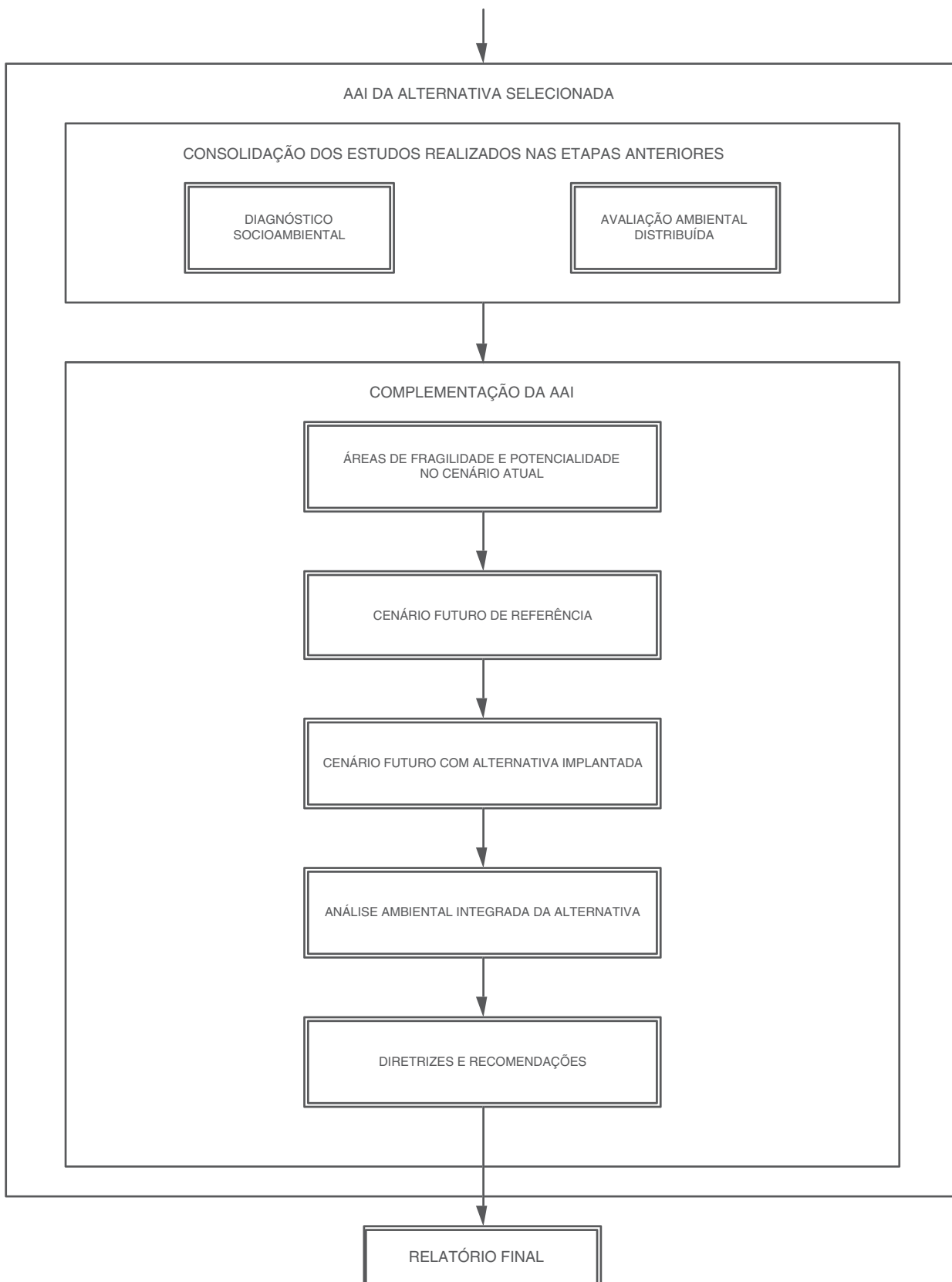


Figura 1.5.04 – Fluxograma da AAI da Alternativa Seleccionada.

1.6 PROCEDIMENTOS PARA ELABORAÇÃO E APROVAÇÃO DOS ESTUDOS DE INVENTÁRIO

O Quadro 1.6.01 apresenta os procedimentos institucionais e legais para a elaboração do Estudo de Inventário.

Quadro 1.6.01 – Procedimentos institucionais/legais para elaboração do Estudo de Inventário.

	Atividades	Responsável	Ato Normativo	Obrigatório
1	Requerer registro dos Estudos de Inventário Hidroelétrico junto a ANEEL	Interessado	Res. ANEEL 393/98 arts. 6º e 9º	Sim
2	Registrar Estudos de Inventário	ANEEL	Res. ANEEL 393/98 art. 6º	Sim
3	Informar ao MME o início dos Estudos	Interessado		Sim
4	Informar aos demais Ministérios o início dos Estudos de Inventário da Bacia	MME		Sim
4	Registrar ART junto ao CREA	Resp. Técnico	Res. CONFEA 425/98	Sim
5	Comunicar eventual desistência a ANEEL	Interessado	Res. ANEEL 393/98 art. 11º	Sim
6	Autorizar realização de levantamento de campo	ANEEL/FUNAI/ INPRA/Marinha do Brasil/Secretarias Estaduais e outros		Sim
9	Comunicar início dos estudos aos Comitês de Bacias, ANA ou órgãos gestores estaduais de Recursos Hídricos (conforme o caso) e ambientais	Interessado	Lei 9.433/97 e Res. ANEEL 393/98 art. 13º	Sim
10	Realização dos estudos seguindo o Manual de Inventário e utilização do sistema SINV para os estudos energéticos, socioambientais e para seleção das alternativas	Interessado		Sim
10.1	Planejamento			
	Estabelecer procedimento para acompanhamento dos estudos pela EPE	MME / EPE	Lei 10.847/2004 art. 4º	Recomendável
10.2	Estudos Preliminares			
	Apresentar relatório de andamento ao MME/EPE e a ANEEL	Interessado	Lei 10.847/2004 art. 4º e Res. ANEEL 393/98 art. 10º	Sim
	Reunião de caráter técnico, convocada pelo MME, para apresentação dos resultados desta etapa	MME		Sim
10.3	Estudos Finais			
	Encaminhar ao órgão de recursos hídricos (ANA ou estadual) as séries de usos consuntivos e de vazões de cada local de aproveitamento.	Interessado		Recomendável
	Encaminhar as séries de vazão dos locais de aproveitamento da alternativa selecionada em formato descrito no Anexo G.	ANEEL/EPE		Sim
	Seminário público, convocado pelo MME, para apresentação dos resultados da divisão de queda selecionada e os estudos da AAI, suas diretrizes e recomendações	MME		Sim
11	Entregar estudos à ANEEL	Interessado		Sim
12	Dar o aceite aos estudos	ANEEL	Res. ANEEL 393/98 art. 14º	Sim
14	Aprovar estudos	ANEEL	Res. ANEEL 393/98 art. 14º	Sim

1.7 APLICAÇÃO DESTE MANUAL

Este Manual pretende orientar os estudos necessários para o Inventário Hidroelétrico de uma bacia hidrográfica, em qualquer região do País. Em cada situação real, dever-se-á analisar as características da bacia considerada, adaptando-se a metodologia preconizada ao caso em estudo, da forma mais eficiente e pragmática, considerando-se as especificidades de cada caso e mediante consulta ao órgão responsável pela aprovação dos Estudos de Inventário.

Recomenda-se o estudo integrado da bacia hidrográfica, identificando a possível regularização hidrológica plurianual, de modo a garantir a maximização da sua eficiência econômico-energética.

De uma maneira geral, este Manual só é aplicável a bacias com aproveitamentos de porte superior ao de Pequenas Centrais Hidroelétricas (maior que 30 MW). Ressalta-se que nas bacias que contemplem aproveitamentos com porte superior a 30 MW e alguns de menor porte, estes também devem ser incluídos no Estudo de Inventário.

Para a revisão/atualização de Estudos de Inventário, deverão ser aproveitadas todas as informações disponíveis, dando-se especial atenção à atualização dos estudos socioambientais e dos custos das obras previstas, segundo a metodologia preconizada pelo Manual.

1.8 ESTRUTURA DO MANUAL

Este Manual é constituído de sete capítulos, um apêndice e sete anexos. Em cada capítulo as referências citadas encontram-se em nota de rodapé. No último item de cada capítulo estão incluídas todas as referências, sendo ainda adicionadas bibliografia sugerida.

O Capítulo 1 consiste nesta introdução, sendo complementado pelo Apêndice I. No Capítulo 2 são apresentados os Critérios Básicos. O Planejamento do Estudo encontra-se no Capítulo 3. O Capítulo 4 apresenta os procedimentos dos Estudos Preliminares e o Capítulo 5 aqueles para os Estudos Finais. O Capítulo 6 consiste nos Procedimentos Complementares para AAI. Finalmente, o Capítulo 7 apresenta a proposta para elaboração do Relatório Final do Estudo.

Nos Anexos A, B, C, E e G estão listadas as planilhas e gráficos que são disponibilizados em meio digital. O Anexo D apresenta as características do sistema SINV versão 6.0. No Anexo F é apresentado, a título de exemplo, um resumo de metodologia de AAI aplicada em três dos estudos já realizados.

1.9 BIBLIOGRAFIA

ELETROBRÁS, *Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas*, 1997.

MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE, *Plano Nacional de Recursos Hídricos*, 2006. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/srh/prnh>.



capítulo 2

Critérios Básicos

CAPÍTULO 2

2.1	CRITÉRIOS ENERGÉTICOS	37
2.1.1	Sistema de Referência	37
2.1.2	Período Crítico	37
2.1.3	Benefícios Energéticos	37
2.1.4	Dimensionamento Energético	38
2.2	CRITÉRIOS DE USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA	41
2.2.1	Diagnóstico e Cenário dos Usos Múltiplos da Água na Bacia	41
2.3	CRITÉRIOS SOCIOAMBIENTAIS	42
2.3.1	Área de Estudo	42
2.3.2	Sistema Ambiental	42
2.3.3	Componentes-síntese	42
2.3.4	Subáreas	43
2.3.5	Sensibilidade, Fragilidade e Potencialidade	43
2.3.6	Avaliação dos Impactos Socioambientais	44
2.3.7	Avaliação Ambiental Integrada	46
2.4	CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DE LOCAIS BARRÁVEIS	47
2.5	CRITÉRIOS DE ARRANJOS	48
2.6	PARÂMETROS ECONÔMICOS	53
2.7	CRITÉRIOS PARA DIMENSIONAMENTO E CUSTO DE APROVEITAMENTOS	55
2.7.1	Dimensionamento de Estruturas e Equipamentos	55
2.7.2	Estimativa de Custos de Engenharia	55
2.7.3	Custos Socioambientais	56
2.8	CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS	57
2.8.1	Estudos Preliminares	57
2.8.2	Estudos Finais	57
2.9	DIVULGAÇÃO E PARTICIPAÇÃO PÚBLICA	58
2.10	BIBLIOGRAFIA.	59

Os Estudos de Inventário têm como critério básico a maximização da eficiência econômico-energética, em conjunto com a minimização dos impactos socioambientais negativos, considerando-se adicionalmente os impactos socioambientais positivos oriundos da implantação dos aproveitamentos hidroelétricos na bacia. Conseqüentemente, para sua realização, devem ser estabelecidos critérios energéticos, econômicos, de usos múltiplos da água, socioambientais e técnicos de engenharia.

Os critérios de natureza energética e econômica referem-se à otimização do aproveitamento do potencial hidroelétrico da bacia estudada, respeitadas as parcelas de queda e de vazão comprometidas com os outros usos da água. Esses critérios estão relacionados com o objetivo de maximização da eficiência econômico-energética, que é traduzida na comparação das alternativas pela composição do índice custo/benefício energético (R\$/MWh).

Os critérios de usos múltiplos da água referem-se à consideração de outros usos dos recursos hídricos da bacia, buscando minimizar conflitos e racionalizar a sua utilização por meio da estimativa das parcelas de queda e de vazão disponíveis para a geração de energia elétrica. Para tal, um diagnóstico deverá ser elaborado nos Estudos Preliminares de forma a subsidiar a construção de um cenário futuro de uso múltiplo para a bacia, a ser aplicado nos Estudos Finais.

Os critérios de natureza técnica de engenharia referem-se à utilização de soluções consagradas na concepção dos arranjos dos aproveitamentos, procurando transmitir ao usuário do Manual um conjunto de informações e procedimentos que, ao final, resultarão no dimensionamento e estimativa de custos e quantidades de forma simples e rápida. Os custos de obras civis e equipamentos apresentados representam a média dos preços unitários recentemente praticados pela engenharia nacional. Os equipamentos incorporam, em termos tecnológicos, o recente desenvolvimento no campo da eletromecânica.

Os critérios de natureza socioambiental referem-se à análise dos impactos socioambientais negativos e positivos das alternativas de divisão de queda sobre a área de estudo. A análise dos impactos socioambientais negativos está relacionada ao objetivo de minimização destes para subsidiar a escolha da melhor alternativa de divisão de queda. A análise dos impactos socioambientais positivos está relacionada com a consideração destes na decisão final sobre a alternativa a ser selecionada.

Os critérios socioambientais devem condicionar a formulação das alternativas e a concepção dos aproveitamentos, possibilitando a comparação e a seleção de alternativas através da composição de dois índices que traduzam a intensidade dos impactos negativos e positivos separadamente sobre a área de estudo.

Sendo um estudo de planejamento setorial, o principal benefício contemplado é a geração de energia elétrica, obtida por meio da maximização da eficiência econômico-energética da bacia. Entretanto, a análise dos potenciais impactos positivos é incorporada com o objetivo de explicitar as oportunidades para o desenvolvimento socioeconômico local e regional decorrentes da implantação dos aproveitamentos hidroelétricos. Essa análise visa subsidiar as fases posteriores do ciclo de planejamento destes aproveitamentos (estudos de viabilidade, projeto básico etc.) e sinalizar as articulações institucionais necessárias para a concretização dessas potencialidades.

Os impactos socioambientais positivos somente serão incorporados à análise para a seleção da alternativa nos Estudos Finais. Nos Estudos Preliminares, a escolha das alternativas que passarão para os Estudos Finais deverá continuar a ser orientada pela maximização da eficiência econômico-energética e pela minimização dos impactos socioambientais negativos, visando eliminar aquelas que não são competitivas no atendimento de cada um desses dois critérios ou de ambos os critérios.

Deve-se ressaltar que, para a necessária compatibilização desses quatro grupos de critérios, aqueles aspectos que estiverem incorporados nos índices custo/benefício sob a forma de custos incorridos para a implantação (custos de controle e de compensação), não deverão ser contabilizados na composição do índice de impacto socioambiental negativo. Assim, este índice deverá traduzir apenas as externalidades

provocadas pelos processos impactantes negativos deflagrados na área de estudo, como por exemplo, as mudanças no modo de vida da população atingida ou a perda de habitats naturais, entre outros.

Destaca-se ainda que para as avaliações relativas aos aspectos socioambientais e aos usos múltiplos da água devem ser consideradas as tendências evolutivas do desenvolvimento socioeconômico da região, conforme indicado a seguir:

- Para as avaliações relativas aos usos múltiplos da água na bacia hidrográfica, as projeções deverão ser elaboradas considerando um horizonte compatível com o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). O cenário futuro deverá ser construído conforme indicado no item 2.2.
- Para as avaliações socioambientais a serem realizadas nos Estudos Preliminares e nos Estudos Finais deverão ser consideradas a situação socioambiental atual da região de estudo e suas tendências evolutivas, definidas no diagnóstico socioambiental, levando em conta as políticas, os planos e programas de desenvolvimento regional, sejam eles da competência federal, estadual ou municipal, os planos de recursos hídricos e, ainda, planos e programas dos diversos setores de atividades.
- Para a Avaliação Ambiental Integrada (AAI) a ser realizada para a alternativa selecionada nos Estudos Finais deverão ser elaborados cenários de desenvolvimento futuro da região de estudo, segundo as orientações apresentadas no Capítulo 6 e compatíveis com as recomendações apresentadas neste Capítulo 2.

2.1 CRITÉRIOS ENERGÉTICOS

A avaliação energética das alternativas em estudo deve considerar os critérios básicos a seguir:

2.1.1 Sistema de Referência

Define-se por sistema de referência o conjunto de usinas geradoras de energia elétrica em relação ao qual os benefícios energéticos das alternativas de divisão de queda em exame devem ser quantificados. O sistema de referência deve ser caracterizado como o sistema eletroenergético ao qual os aproveitamentos inventariados poderão vir a ser interligados e deverá ser definido pelo poder concedente.

2.1.2 Período Crítico

O período crítico de um sistema de referência é definido como aquele período do histórico hidrológico em que os reservatórios desse sistema são plenamente utilizados, sem a ocorrência de déficits, considerando-se que, no início do período estão cheios e, ao final do mesmo totalmente deplecionados, sem reenchimentos totais intermediários. O período crítico a ser adotado nos Estudos de Inventário será definido pelo poder concedente. Em 2007, à época da edição deste manual, o período crítico adotado para o Sistema Interligado Nacional correspondia ao período de junho de 1949 a novembro de 1956 (90 meses).

2.1.3 Benefícios Energéticos

Ao ser integrada a um sistema, uma usina hidroelétrica ou um conjunto de usinas hidroelétricas propicia três tipos de benefícios energéticos: energia firme, energia secundária e capacidade de ponta.

A **energia firme** de um sistema corresponde à maior carga que este sistema pode atender sem ocorrência de déficits nas piores condições hidrológicas registradas no histórico de aflúências naturais.

A **energia secundária** corresponde à energia disponível apenas em períodos de hidrologia favorável, podendo ser utilizada no atendimento a consumidores de carga interruptível ou na substituição da geração de origem térmica, com o objetivo de economizar combustível.

A **capacidade de ponta** representa a capacidade máxima de produção do sistema durante o intervalo de tempo correspondente à ponta da carga. Esta capacidade de ponta está relacionada diretamente à potência instalada das usinas, devendo-se considerar ainda, no seu dimensionamento, a perda devida à redução da queda quando do deplecionamento do reservatório e/ou elevação do nível do canal de fuga e as taxas de saídas programadas e forçadas.

Nos Estudos de Inventário, a energia firme representa a variável mais importante na análise dos benefícios de uma alternativa. Pelo critério adotado neste Manual, a energia secundária não é considerada nesta etapa, basicamente devido ao alto grau de incerteza quanto ao seu efetivo aproveitamento. Entretanto, esta poderá vir a ser utilizada se o poder concedente achar pertinente, ficando a cargo deste definir a metodologia de cálculo. Por outro lado, em sistemas hidrotérmicos eletricamente isolados, a consideração da energia secundária pode ser decisiva no dimensionamento apropriado dos aproveitamentos hidroelétricos.

A inclusão dos benefícios de ponta é feita de forma indireta. Todos os projetos são pré-dimensionados para um fator de capacidade de referência comum (item 2.1.4), garantindo-se que a comparação de seus benefícios energéticos seja feita de forma homogênea sob o ponto de vista dos correspondentes benefícios de ponta.

Energia Firme

Nos Estudos de Inventário, a energia firme de uma usina ou de um conjunto de usinas é a energia média gerada pela usina, ou pelo conjunto de usinas, obtida em simulações da operação do sistema ao longo do período crítico do sistema de referência, conforme descrito no item 5.3.1. Na fase de Estudos Preliminares se pode usar estimativas expedidas, obtidas através do uso das fórmulas apresentadas nos itens 4.6.1 e 4.6.2.

Ganho de Energia Firme

O ganho de energia firme, associado a uma usina ou a um conjunto de usinas, é o acréscimo na energia firme proporcionado pela adição desse projeto, ou conjunto de projetos, ao conjunto de aproveitamentos da bacia. Em geral, este acréscimo é maior ou igual à energia firme dos aproveitamentos analisados, já que a adição de projetos pode proporcionar acréscimos de energia firme em outros aproveitamentos da bacia devido aos seus reservatórios de regularização. Caso os projetos em referência afoguem outras usinas poderá haver perda de energia para aquelas imediatamente a montante.

Assim como a energia firme, o ganho de energia firme deve ser obtido através de simulações da operação do sistema ao longo do período crítico do sistema de referência, conforme descrito no item 5.3.1, podendo-se, na fase de Estudos Preliminares, usar estimativas expedidas, obtidas através da aplicação das fórmulas apresentadas no item 4.6.3.

Valor Limite de Ganho de Energia Firme

Antes do início dos trabalhos, deve ser estabelecido o valor mínimo do ganho de energia firme de um aproveitamento qualquer, abaixo do qual o aproveitamento não será considerado na composição de uma alternativa. Esse valor será variável para diferentes regiões e sistemas de referência, devendo ser definido pelo poder concedente.

2.1.4 Dimensionamento Energético

O dimensionamento energético de um aproveitamento requer a determinação da depleção máxima do reservatório, da potência instalada e da queda de referência. A potência instalada corresponde à capacidade total dos geradores. A queda de referência corresponde à queda líquida na qual as turbinas com seus distribuidores totalmente abertos irão fornecer a potência instalada. Em geral, os valores ótimos destes parâmetros para um certo aproveitamento dependem da alternativa de divisão de queda na qual ele se integra. No entanto, em Estudos de Inventário, não é necessário considerar para cada aproveitamento os diversos dimensionamentos obtidos em cada alternativa de divisão de queda, podendo-se tomar como base apenas o dimensionamento energético da alternativa de divisão de queda na qual o aproveitamento apresenta a sua maior potência instalada. Esta aproximação é aceita quando os dimensionamentos não forem muito diferentes. Quando duas alternativas levarem a dimensionamentos muito diferentes para um mesmo projeto, recomenda-se que sejam analisados dois projetos distintos no mesmo local barrável.

Depleção Máxima

No desenvolvimento do potencial hidroelétrico de uma bacia deve ser prevista, sempre que possível, a construção de aproveitamentos com capacidade de armazenamento, de forma que se possa obter energia durante os períodos mais secos a partir do uso da água armazenada durante os períodos hi-

drologicamente mais favoráveis. Por outro lado, o excessivo deplecionamento dos aproveitamentos se reflete em perda de queda e, portanto, na capacidade de geração. A fixação da depleção máxima, ou do volume útil, de cada aproveitamento deve ser feita por processo de otimização, tendo como base o ganho de energia firme do aproveitamento quando integrado na alternativa de divisão de queda tomada como base de dimensionamento energético. Entretanto, atenção especial deve ser dada ao tempo de reenchimento dos reservatórios, que devem ser limitados a, no máximo, 36 meses do término do período crítico. Os procedimentos para esta verificação, nos Estudos Preliminares e Estudos Finais, estão descritos nos itens 4.6.6 e 5.3.4 respectivamente.

Queda de Referência para Estudos de Inventário

Para fins de Inventário, por simplificação, considera-se como queda de referência a queda líquida média do aproveitamento, definida pela diferença do nível médio do reservatório e o nível d'água no canal de fuga no valor correspondente a uma vazão 10% maior que a vazão média ao longo do período crítico do sistema de referência ou ao nível d'água máximo normal do reservatório de jusante, quando este último é superior ao anterior, descontadas as perdas hidráulicas (item 4.6.1). Quando utilizados modelos de simulação energética, o nível d'água no canal de fuga, para cálculo da queda de referência, será o valor correspondente ao canal de fuga médio do aproveitamento ao longo do período crítico do sistema de referência.

Fator de Capacidade de Referência (F_k)

De forma a garantir que a comparação dos benefícios energéticos dos projetos seja feita de forma homogênea, sob o ponto de vista dos benefícios de ponta, o dimensionamento de cada projeto é feito considerando um mesmo fator de capacidade de referência. O fator de capacidade de referência representa a relação entre a soma da energia firme dos aproveitamentos do sistema de referência e a sua respectiva potência instalada.

O fator de capacidade pode ser calculado utilizando-se a seguinte expressão:

$$F_k = f_c * (1 - P_p) * (1 - r) / (1 - P_e) \quad (2.1.4.01)$$

Onde:

f_c	Fator de carga do mercado a ser suprido pelo sistema de referência
P_p	Fator de perdas de ponta no sistema de transmissão
P_e	Fator de perdas de energia no sistema de transmissão
r	Fator de reserva de geração, igual a 15%

Na ausência de melhores informações, recomenda-se usar o valor de 55% para F_k .

Potência Instalada (P_i)

É obtida aplicando-se o fator de capacidade de referência à energia firme do aproveitamento, quando integrado na alternativa de divisão de queda tomada como base de dimensionamento energético, conforme mostra a expressão a seguir:

$$P_i = \frac{E f_i}{F_k} \quad (2.1.4.02)$$

Queda Líquida Média

O dimensionamento energético de um aproveitamento deve garantir a produção da potência instalada, com o distribuidor das turbinas totalmente aberto na situação de queda líquida média, correspondente a um deplecionamento do reservatório representativo da operação do aproveitamento durante o período crítico do sistema de referência. A queda líquida média deve ser obtida pela média das quedas

líquidas verificadas para o aproveitamento em questão em estudos de simulação da operação do sistema ao longo do período crítico do sistema de referência, conforme item 5.3.1, considerando-se a alternativa de divisão de queda tomada como base de dimensionamento energético. Na fase de Estudos Preliminares podem-se usar estimativas expeditas obtidas mediante o uso das fórmulas apresentadas no item 4.6.1.

2.2 CRITÉRIOS DE USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA

De acordo com a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se, entre outros, no fundamento de que a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas. Os Estudos de Inventário Hidroelétrico, apesar de não terem a abrangência e detalhamento de um plano de bacias, têm que, obrigatoriamente, considerar nos Estudos Finais, na avaliação e comparação das diversas alternativas de divisão de queda, os usos múltiplos da água e sua interação com a proposta de aproveitamento energético, com o objetivo de minimizar os conflitos, buscando racionalizar a utilização dos recursos disponíveis. Com este fim, deverão ser identificados os usos atuais e definido um cenário, correspondente a uma visão de longo prazo, para a utilização múltipla da água na bacia. É sobre este cenário que os benefícios energéticos e os impactos socioambientais positivos e negativos das alternativas serão avaliados. Os pressupostos utilizados para a construção do cenário de usos múltiplos servirão de subsídio para a elaboração dos cenários a serem utilizados na avaliação ambiental integrada da alternativa selecionada (Capítulo 6).

2.2.1 Diagnóstico e Cenário dos Usos Múltiplos da Água na Bacia

Para a definição do cenário de usos múltiplos da água de longo prazo, compatível com o Plano Nacional de Recursos Hídricos, deve ser elaborado, inicialmente, um diagnóstico da situação atual dos diversos usos da água na bacia hidrográfica em estudo, utilizando-se os dados e as informações existentes.

A partir daí, elabora-se um cenário, compatível com o horizonte do PNRH. Este cenário futuro deverá ter, como critério de construção, o princípio da razoabilidade para a adoção das projeções dos diversos usos da água na bacia. Outrossim, na análise dos planos setoriais existentes deve ser observado o princípio da factibilidade. Registre-se que a construção do cenário, por ser de caráter eminentemente subjetivo, necessita ser motivada e justificada, em especial quando os planos existentes não venham a ser integralmente seguidos.

Para tanto, deve-se tomar como base as informações levantadas no Planejamento dos Estudos (item 3.1.3), especialmente: a) as estimativas de usos consuntivos da água elaborados pela Agência Nacional de Águas (ANA) e pelos demais órgãos estaduais outorgantes de recursos hídricos; b) o Plano Nacional de Recursos Hídricos, os Planos Estaduais de Recursos Hídricos e os planos de recursos hídricos de bacias hidrográficas; c) os planos diretores de desenvolvimento integrado, programas de irrigação, estudos de navegação, de controle de cheias e de abastecimento da água humano, animal e industrial; d) os usos não consuntivos, tais como turismo, lazer, preservação cênica e áreas de proteção ambiental, procurando-se obter um retrato realista e compatibilizado das possibilidades de desenvolvimento da bacia.

2.3 CRITÉRIOS SOCIOAMBIENTAIS

Os critérios adotados para os estudos socioambientais adequam os instrumentos metodológicos e procedimentos usuais de Avaliação de Impacto Ambiental aos requisitos e especificidades dos Estudos de Inventário Hidroelétrico. São utilizados, ainda, os procedimentos relativos aos estudos de Avaliação Ambiental Integrada. Esses critérios, a seguir apresentados, deverão orientar a sistematização do conhecimento sobre as principais questões socioambientais, a identificação de fragilidades ambientais e de potencialidades socioeconômicas, bem como as principais sinergias e cumulatividades resultantes da implantação da alternativa de divisão de queda selecionada. Deverão, ainda, influenciar a concepção dos aproveitamentos e a formulação das alternativas de divisão de queda, fornecer informações para a estimativa dos custos do empreendimento e possibilitar a comparação e seleção das alternativas dentro de um enfoque multiobjetivo.

Os estudos socioambientais devem apontar em seus resultados as diretrizes para futuros estudos, para o processo de licenciamento ambiental, para a implantação dos projetos hidroelétricos e, em particular, as questões a serem melhor enfocadas durante a etapa de viabilidade.

2.3.1 Área de Estudo

A área de estudo deverá ser delimitada de modo a possibilitar a análise dos processos socioambientais inerentes à bacia hidrográfica inventariada, a qual deverá estar incluída em sua totalidade. Deve ainda possibilitar a identificação e avaliação dos processos impactantes gerados pelo desenvolvimento do seu potencial hidroelétrico.

Os limites da área de estudo deverão ser definidos na etapa de Planejamento, sendo passíveis de ajustes durante o desenvolvimento dos trabalhos. Na sua definição deverão ser respeitadas as especificidades dos processos socioambientais contemplados que, com frequência, não se restringem a limites fisiográficos.

2.3.2 Sistema Ambiental

Entende-se por sistema ambiental o conjunto dos elementos existentes na área de estudo, incluindo seus atributos ou qualidades, as funções que exercem nos processos e suas interações.

A análise do sistema ambiental requer a consideração dos seus processos físico-bióticos, sociais, culturais, econômicos e políticos, bem como das suas inter-relações e de seus rebatimentos espaciais, o que requer um enfoque multi e interdisciplinar.

2.3.3 Componentes-síntese

Para representação do sistema ambiental adota-se uma estrutura analítica composta por seis componentes, aqui denominados **componentes-síntese**: Ecossistemas Aquáticos (e recursos hídricos), Ecossistemas Terrestres, Modos de Vida, Organização Territorial, Base Econômica e Povos Indígenas/Populações Tradicionais.

Estes **componentes-síntese** são estruturados a partir da inter-relação entre vários elementos do sistema ambiental. Sua definição conceitual e a estruturação de seu conteúdo analítico têm como premissas:

- Possibilitar a compreensão da globalidade dos processos segundo os quais os elementos socioambientais interagem.
- Colocar em evidência as questões de maior relevância que emergem das interações aproveitamento hidroelétrico/alternativa-área de estudo.
- Conferir seletividade ou poder de diferenciação na comparação entre alternativas de divisão de queda.

O termo “síntese” é utilizado com a finalidade de expressar o grau de articulação entre os diversos elementos ambientais que constituem um componente-síntese, aqui denominados **elementos de caracterização**, proporcionando uma noção de conjunto dos processos envolvidos em seu campo de análise. Destaca-se, nesse sentido, que existem elementos de caracterização que estão presentes em mais de um componente, assumindo diferentes funções nos processos inerentes a cada um deles. Tais elementos não estão agrupados segundo as categorias tradicionais dos estudos socioambientais (meio físico, biótico e antrópico); ao contrário, cada componente-síntese pode representar a síntese de elementos de caracterização dessas três categorias.

Processos e Atributos Físicos

Processos e atributos físicos são elementos integrantes dos componentes-síntese. Suas interações e características permanentes ou temporárias são estáveis, constituindo-se no elemento mantenedor e interagente das relações biológicas e antrópicas. Deve ser observado que os Processos e Atributos Físicos, por promoverem o suporte e a articulação entre os processos socioambientais, não estão sendo considerados como um componente destacado, constituindo-se, entretanto, nos elementos básicos para as análises dos seis componentes-síntese adotados.

2.3.4 Subáreas

Os estudos realizados na etapa de diagnóstico devem levar à compartimentação espacial do quadro referencial de cada componente-síntese na área de estudo em subunidades, aqui denominadas **subáreas**, mediante a análise de suas características de similaridade ou diferenciação. As subáreas são definidas como recortes territoriais contínuos que apresentam relações e processos particulares que as distinguem das demais e que determinam sua relação com a dinâmica do componente-síntese na área de estudo como um todo. A utilização deste procedimento metodológico permite obter a base para a identificação dos impactos de cada aproveitamento e de sua interação com os componentes-síntese em cada subárea, bem como a visão do conjunto dos impactos dos aproveitamentos localizados em cada subárea e daqueles que extrapolam os limites dessas áreas.

2.3.5 Sensibilidade, Fragilidade e Potencialidade¹

- **Sensibilidade** de uma área pode ser definida como “*a propriedade de reagir que possuem os sistemas ambientais e os ecossistemas, alterando o seu estado de qualidade, quando afetados por uma ação humana*”.² Neste Manual, este termo está sendo utilizado com a finalidade de identificar e espacializar as áreas mais sensíveis das subáreas da bacia hidrográfica, de modo a expressar a integridade dos recursos naturais, os aspectos qualitativos da paisagem e as diferentes situações socioeconômicas em diferentes graus de sensibilidade.

1 Foram adotadas as definições apresentadas nos estudos de AAI da Bacia do Rio Doce, EPE/Sondotécnica, 2007.

2 Iara Verocai, 1990, *Vocabulário Básico de Meio Ambiente*. RJ, apud EPE/Sondotécnica – AAI do Rio Doce, 2007.

- **Fragilidade** de uma área pode ser definida como “o grau de suscetibilidade ao dano, ante a incidência de determinadas ações”.³ Neste Manual, este termo está sendo utilizado para identificar e localizar situações de ocorrência de impactos relacionados à implantação de empreendimentos hidroelétricos em áreas caracterizadas como sensíveis. Esta identificação será realizada na AAI da alternativa selecionada.
- **Potencialidade** de uma área está associada à existência de aspectos suscetíveis a transformações benéficas em decorrência da implantação dos empreendimentos hidroelétricos, ou seja, que representam oportunidades para promover o desenvolvimento das condições socioeconômicas da área de estudo.

2.3.6 Avaliação dos Impactos Socioambientais

A avaliação dos impactos socioambientais tem por objetivo subsidiar a comparação e seleção das alternativas de divisão de queda, e indicar as principais questões socioambientais relacionadas aos aproveitamentos e ao conjunto de aproveitamentos.

Na análise dos impactos socioambientais de uma alternativa de divisão de queda, consideram-se todos os aproveitamentos implantados simultaneamente.

Os critérios adotados para orientar a avaliação dos impactos e a obtenção dos índices socioambientais, para fins dos estudos propostos, estão indicados a seguir:

- **Impacto socioambiental negativo:** alteração potencialmente desfavorável causada por um aproveitamento ou conjunto de aproveitamentos sobre um componente-síntese ou sobre o sistema socioambiental, tendo-se como referência a situação atual da área de estudo e suas tendências evolutivas.

A avaliação dos impactos socioambientais negativos deve contemplar a identificação das alterações desfavoráveis e das ações que evitem a ocorrência total ou parcial dos impactos (controle), das ações que reduzam as conseqüências dos impactos (mitigação) e das ações que compensem os impactos quando a reparação é impossível (compensação). Essas ações serão traduzidas em custos a serem efetivamente internalizados no custo de implantação do aproveitamento, como custos socioambientais (item 2.7.3). Os impactos socioambientais negativos sobre os quais não é possível haver controle, ou os impactos residuais quando da existência de controle, compensação ou mitigação (custos de degradação), serão avaliados e traduzidos em um índice de impacto socioambiental negativo que será associado ao objetivo “minimizar os impactos socioambientais negativos”.

- **Impacto socioambiental positivo:** alteração potencialmente favorável causada por um aproveitamento ou conjunto de aproveitamentos, tendo-se como referência a situação atual da área de estudo e suas tendências evolutivas. Deverão ser considerados impactos relacionados somente aos aspectos socioeconômicos para os quais a implantação dos aproveitamentos hidroelétricos possa aportar contribuições favoráveis para o desenvolvimento da socioeconomia local e regional, conforme descrito no item 5.4.2.

A avaliação dos impactos socioambientais positivos deve contemplar a identificação das alterações favoráveis, sendo avaliados e traduzidos em um índice de impacto socioambiental positivo a ser utilizado para a seleção final da alternativa de divisão de queda. Esta avaliação só será realizada na etapa dos Estudos Finais.

As alterações causadas pelo meio ambiente sobre os aproveitamentos deverão, sempre que possível, ser identificadas para subsidiar o projeto de engenharia. Entretanto, observa-se que não serão consideradas para a composição dos índices socioambientais.

3 Angel Ramos, 1987, *apud* Iara Verocai. *Vocabulário Básico de Meio Ambiente*. RJ, 1990, *apud* EPE/ Sondotécnica – AAI do Rio Doce, 2007.

- **Processo impactante:** Consiste em um conjunto de alterações potencialmente desencadeadas por um aproveitamento ou conjunto de aproveitamentos sobre os processos naturais e sociais preexistentes na área de estudo; a um determinado processo impactante, vinculam-se impactos ambientais inter-relacionados ao nível de componente-síntese.
- **Indicador de impacto:** É o instrumento que norteia a avaliação dos impactos socioambientais de um aproveitamento ou conjunto de aproveitamentos sobre um componente-síntese, determinando o enfoque da análise. Os indicadores são a combinação de uma ou mais variáveis, aqui denominados **elementos de avaliação**, para caracterizar um ou mais efeitos esperados para um local ou locais na bacia hidrográfica.

O indicador de impacto é construído a partir da identificação genérica dos principais processos impactantes, organizando-se os dados sob a forma de **elementos de avaliação**. Estes guardam correspondência com os **elementos de caracterização** definidos anteriormente.

Os elementos de caracterização como os elementos de avaliação estão sugeridos, respectivamente, nos itens 4.3 e 4.8 e visam o atendimento geral às situações das diversas regiões do País, devendo haver seleção e/ou complementação das informações a serem consideradas em cada estudo específico.

Os elementos de avaliação selecionados para a construção dos indicadores de impacto em cada caso deverão ser capazes de conferir diferenciação entre as alternativas comparadas, sem que haja comprometimento da noção de conjunto dos processos ambientais envolvidos. É também fundamental buscar-se um equilíbrio satisfatório entre elementos de avaliação de natureza quantitativa e qualitativa, de modo a não serem privilegiados na análise somente os aspectos mais facilmente quantificáveis. Os elementos de avaliação devem também ser capazes de destacar os processos que envolvem cumulatividade e sinergia.

- **Crítérios de avaliação:** Para cada um dos indicadores deverão ser definidos os critérios de avaliação que irão orientar a atribuição dos graus de impacto.
- **Índice socioambiental:** É o valor numérico que expressa a intensidade do impacto socioambiental, variando em uma escala contínua desde zero (mínimo impacto) até um (máximo impacto).

O índice de impacto socioambiental negativo de um aproveitamento ou conjunto de aproveitamentos é resultante da avaliação dos impactos negativos sobre um componente-síntese. Por sua vez, o índice socioambiental negativo de uma alternativa de divisão de queda, relativo a esse mesmo componente-síntese, será obtido por meio da combinação dos índices socioambientais negativos dos aproveitamentos ou conjunto de aproveitamentos que compõem a alternativa, segundo procedimentos definidos nos itens 4.8, 4.11.2, 5.4 e 5.8.2.

O índice de impacto socioambiental negativo de uma alternativa expressa o seu impacto negativo total sobre a área de estudo, traduzindo, portanto, o seu grau de atendimento ao objetivo de minimização dos impactos socioambientais. Para a obtenção desse índice, devem ser agregados os índices socioambientais negativos relativos a todos os componentes-síntese, também segundo procedimentos e mecanismos definidos nos itens 4.11.2 e 5.8.2.

O índice de impacto socioambiental positivo relativo aos aspectos do sistema socioambiental selecionados para a análise será calculado diretamente para as alternativas de divisão de queda selecionadas para os Estudos Finais, segundo os procedimentos e mecanismos definidos no item 5.4.2, que já consideram os efeitos cumulativos e sinérgicos na avaliação. O índice de impacto socioambiental positivo de uma alternativa é composto pela agregação dos índices relativos a cada um dos aspectos, de modo a expressar o impacto socioambiental positivo total sobre a área de estudo, de acordo com os procedimentos definidos no item 5.8.3, devendo ser utilizado para a escolha final da alternativa de divisão de queda.

Impactos Cumulativos e Sinérgicos

Cumulatividade e sinergia são causadas pela combinação de uma ou mais ações antrópicas com outra(s) passada(s), presente(s) ou futura(s) potencializando alterações ao meio ambiente. Os impactos cumulativos resultam da interação aditiva dessas alterações em um dado espaço ao longo do tempo. Os impactos são considerados sinérgicos quando o resultado destas interações acarretam uma alteração em um dado espaço diferente da simples soma das alterações.

Os impactos cumulativos e sinérgicos devem considerar prioritariamente aquelas alterações de natureza permanente, já que os impactos temporários extinguem-se ao longo do tempo, reduzindo a cumulatividade.

2.3.7 Avaliação Ambiental Integrada

A alternativa de divisão de queda selecionada nos Estudos Finais deverá ser objeto de uma Avaliação Ambiental Integrada com o objetivo de destacar os efeitos cumulativos e sinérgicos resultantes dos impactos socioambientais negativos e positivos ocasionados pelo conjunto de aproveitamentos que a compõem, identificados durante a elaboração dos Estudos Preliminares e incorporados na seleção da alternativa nos Estudos Finais. Esta avaliação busca identificar as áreas de fragilidade e de potencialidade da bacia estudada e deverá envolver a elaboração dos cenários futuros de desenvolvimento da bacia, conforme descrito no item 6.5. Como resultado, deverão ser elaboradas diretrizes a serem incorporadas nos futuros estudos socioambientais dos aproveitamentos hidroelétricos, visando subsidiar o processo de licenciamento ambiental, bem como as recomendações para a implantação dos futuros aproveitamentos.

2.4 CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DE LOCAIS BARRÁVEIS

Na pesquisa dos possíveis locais barráveis, devem ser observados com especial interesse todos os trechos em corredeiras e quedas de água, além de todos os locais que apresentem estreitamentos acentuados do vale. Igualmente, deverão receber atenção as limitações impostas pelas condicionantes físicas e restrições socioambientais.

Em cada eixo de barragem deve-se determinar o maior nível de água que o reservatório pode atingir.

Esses locais devem ser caracterizados em plantas e perfis dos rios, que servirão de base para a formulação das possíveis alternativas de divisão de queda. Os critérios a serem adotados em cada caso dependerão da avaliação técnica dos parâmetros topográficos, geológicos, geotécnicos, hidrológicos e socioambientais.

2.5 CRITÉRIOS DE ARRANJOS

Cada sítio escolhido para uma usina hidroelétrica é único, com condições topográficas, geológicas e hidrológicas particulares. Assim como nenhum local é igual a qualquer outro, a concepção de um determinado arranjo é uma arte, normalmente resultado de um processo iterativo, onde várias opções são concebidas, dimensionadas e orçadas para chegar à melhor solução. Por definição, o melhor arranjo para um determinado aproveitamento hidroelétrico é aquele que consegue posicionar todos os elementos do empreendimento de maneira a combinar a segurança requerida pelo projeto e as facilidades de operação e manutenção com o custo global mais baixo. Entretanto, com o objetivo de padronizar, onde for possível, as soluções desenvolvidas para diferentes locais, procura-se definir um conjunto de critérios básicos que representam a maioria das soluções utilizadas no Brasil. A principal recomendação em Estudos de Inventário é a adoção de arranjos conservadores que se mantenham robustos.

Elementos do Arranjo Geral

Inicialmente é importante listar os vários elementos que podem compor o arranjo geral de um aproveitamento hidroelétrico:

- **Barragem** – É uma estrutura em solo ou concreto construída no vale do rio, da ombreira de uma margem para a da outra, com o objetivo de elevar o nível de água do rio até o nível máximo normal do reservatório.
- **Dique** – É uma estrutura usualmente em solo que fecha eventuais selas topográficas, a fim de evitar fugas da água do reservatório.
- **Sistema de desvio do rio** – Em geral, fica localizado junto à barragem com o objetivo de desviar as águas do rio por meio de canal, galerias, adufas, túneis ou mesmo estrangulamento do leito do rio de modo a permitir a construção das estruturas localizadas no leito do rio a seco.
- **Circuito de geração** – Constituído por canais, tomadas d'água, condutos ou túneis de adução de baixa pressão, eventuais chaminés de equilíbrio ou câmaras de carga, condutos ou túneis forçados de alta pressão, casa de força externa ou subterrânea e canal ou túneis de fuga. O circuito de geração tem por finalidade aduzir a água para a transformação de energia mecânica em energia elétrica.
- **Estrutura de vertimento** – Composto de canal de aproximação, vertedor com ou sem controle (comportas), dissipador de energia e canal de restituição. Como no caso do circuito de geração, as obras das estruturas de vertimento podem ficar localizadas junto ou distante da barragem, dependendo das características particulares do sítio em estudo.
- **Descarregador de fundo** – Estrutura dotada de comportas ou válvulas para liberar as águas para jusante da barragem.
- **Sistema de transposição de desnível** – São estruturas que permitem a transposição de cargas ou passageiros transportados pela via navegável, superando o desnível decorrente da implantação da barragem.
- **Sistema de transposição de fauna aquática migratória** – São estruturas que permitem a transposição da fauna aquática, superando o desnível decorrente da implantação da barragem.

Barragem

A localização do eixo da barragem e do circuito de geração é um dos critérios mais importantes para a escolha do arranjo mais econômico em rios que tem desníveis concentrados, como saltos, cachoeiras ou corredeiras. Em geral, nestes casos, o eixo da barragem deve ficar localizado à montante da queda concentrada de maneira a reduzir a altura e, portanto, o custo da barragem.

- **Tipos de barragem** – No nível dos Estudos de Inventário, as alternativas para o tipo de barragem a ser escolhido dependem muito da topografia do sítio e das condições geotécnicas das fundações do eixo, além da disponibilidade dos materiais naturais de construção perto da obra. Como nessa fase são habitualmente executados sondagens a trado, poços de inspeção e eventualmente, sondagens geofísicas, as informações geotécnicas disponíveis sobre as reais condições das fundações são muito limitadas. Por esta razão, devem ser previstos arranjos com barragens tradicionais, não devendo, portanto, ser empregados outros tipos de barragens, tais como de concreto em arco, abóbadas ou contraforte. As barragens de enrocamento com face de concreto podem ser consideradas desde que não existam dúvidas sobre a qualidade das fundações em rocha sã para as fundações do plinto.
- **Parâmetros geomecânicos da fundação** – Como critério geológico mais importante, em princípio, as fundações da barragem devem ter parâmetros geomecânicos iguais ou melhores do que os mesmos parâmetros do maciço da barragem. Seguindo este critério, barragens de concreto, convencional ou compactado a rolo, por exemplo, não devem ser fundadas em solo ou rocha decomposta, mas somente em rocha sã de boa qualidade. Da mesma forma, as barragens de enrocamento podem ter fundações em rocha alterada com condições de suporte adequadas.
- **Permeabilidade da fundação** – Quanto à permeabilidade das fundações, normalmente para os aterros em solo homogêneo é necessário prever a construção de uma trincheira de vedação atingindo um horizonte impermeável na fundação. Para as barragens de enrocamento, com núcleo de argila central ou inclinado, essa trincheira deve ser uma continuação do núcleo, descendo até atingir o topo da rocha sã.
- **Balanceamento de materiais** – Outro critério geotécnico importante é o que busca o balanceamento entre as escavações requeridas para as estruturas e os volumes de rocha e solo para os aterros e para os materiais destinados à utilização como agregados na composição do concreto. Como, entretanto, este equilíbrio depende do fluxo real de construção, pode haver necessidade de estocagem intermediária ou utilização de jazidas adicionais.

Estes fatores provocam acréscimos de custo que distorcem as estimativas originais. Por esta razão é recomendável que se procure arranjos flexíveis, prevendo uma perda na utilização do material das escavações requeridas da ordem de 10% a 20%, conforme o tamanho da obra. A necessidade de movimentação desse material de uma margem para outra deve ser igualmente considerada.

- **Aspectos construtivos** – Um outro critério geotécnico importante é o que diz respeito à viabilidade construtiva da barragem. Como exemplo disso, barragens de aterro homogêneo ou de enrocamento, com núcleo de argila, não devem ser previstas em regiões onde existe a possibilidade de chuvas ao longo de todo ano.

Desvio do Rio

O sistema de desvio do rio deve ser projetado com capacidade para escoar a cheia de projeto. A sua escolha depende das características do arranjo, como tipo, altura e comprimento da barragem, tipo do vertedouro, que são concebidos em função da topografia particular do sítio, além da ordem de grandeza da vazão de projeto e das condições geológicas da região.

Geralmente, a definição do sistema de desvio está na escolha do tipo de estrutura para escoar a cheia prevista (item 4.1.2) para a 2ª fase do desvio. A 1ª fase do desvio, quando necessária, é composta de enscadeiras que servem para a construção da estrutura da 2ª fase.

Desvio do rio por **adufas** é, em geral, a solução mais econômica e por isso a preferível. Construídas na barragem de concreto ou na ogiva do vertedouro, as adufas são características de **vales largos**. Tipicamente, em uma primeira etapa, o rio é estrangulado por uma enscadeira longitudinal, a de 1ª fase, que ensea uma seção do rio para permitir a construção da barragem ou vertedouro onde serão instaladas as adufas. Em uma segunda etapa, após completar a parte necessária da estrutura de desvio, o rio é desviado para as adufas fechando-se o estrangulamento do rio com enscadeiras de 2ª

fase, enquanto se completam as obras, barragem e/ou vertedouro neste novo trecho ensecado. Em que pese a logística complicada, o uso de estrutura definitiva para desvio e a diminuição no cronograma compensam a colocação e remoção de ensecadeiras.

Arranjos com vertedouros de encosta são associados a desvio por **túneis**, sendo concebidos em **vales estreitos**. Os túneis, juntamente com os canais de aproximação e restituição são construídos, em geral, sem necessidade de ensecadeiras. Uma vez terminada a sua construção, o leito do rio é fechado e é iniciada a construção da barragem. No caso de barragens com estrutura de desvio através de túneis, é interessante verificar a viabilidade econômica de utilização destes como descarregadores de fundo, com o objetivo de reduzir os custos na construção do sistema de vertimento.

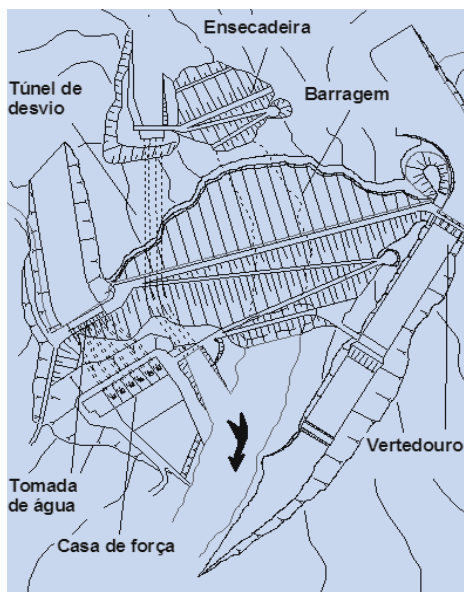


Figura 2.5.01 – Arranjo típico em vale estreito (UHE Foz do Areia-Governador Bento Munhoz da Rocha).

Galerias são, em regra geral, recomendadas para locais com vazões de projeto baixas e quando houver espaço na parte baixa da ombreira para serem construídas a seco ou sem condições geológicas de se fazer túneis.

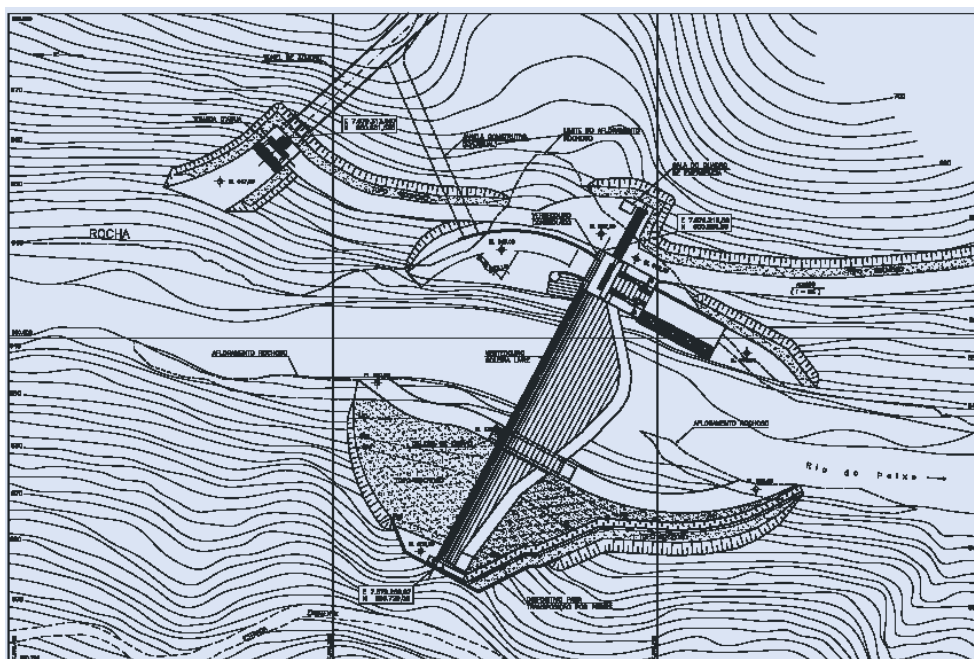


Figura 2.5.02 – Arranjo típico da UHE Picada.

Um caso particular de arranjo em **vale largo** e com barragem baixa, quando a altura da ogiva do vertedouro é insuficiente para ter instalada adufas, é fazer o desvio em duas fases mas com desvio de 2ª fase por sobre ogivas, arrasadas ou não, do vertedouro.

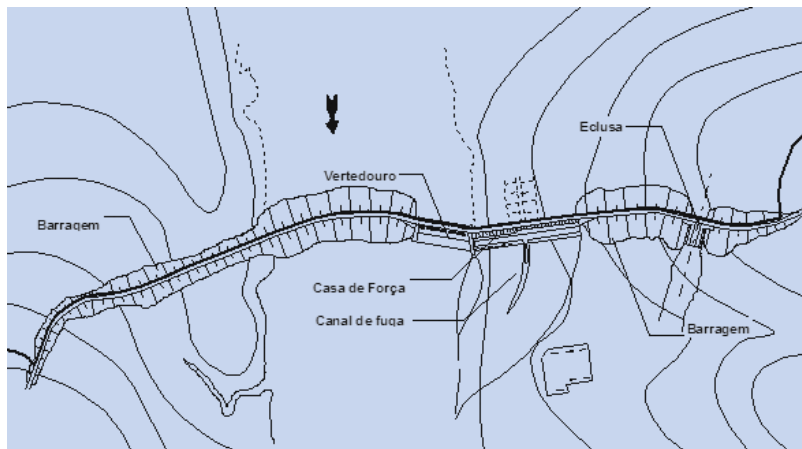


Figura 2.5.03 – Arranjo típico em vale aberto (UHE Tucuruí).

Estruturas de Vertimento

As estruturas de vertimento devem ser projetadas para escoar a cheia de projeto (item 4.1.2) sem sobre-elevação do nível de água máximo normal do reservatório e o amortecimento do pico da cheia. Esta restrição é atenuada na fase de viabilidade quando estiverem disponíveis mais informações sobre os reservatórios, as cheias e suas possibilidades de laminação. Os vertedores devem ser, sempre que possível, de superfície livre ou controlados por comportas tipo segmento. Normalmente não devem ser considerados vertedores de emergência, tipo fusível ou outros, visando reduzir a capacidade requerida dos órgãos de descarga da cheia. Estas restrições são revistas na fase de viabilidade, quando estiverem disponíveis mais e melhores informações sobre a topografia do reservatório e do local das estruturas, das cheias e das condições geológicas das fundações. Quando há espaço, emprega-se vertedouro com ogiva alta e, em caso contrário, vertedouro de encosta.

Para arranjos com trechos de vazão reduzida entre a barragem e o canal de fuga devem ser previstos descarregadores ou válvulas de fundo para garantir as vazões ecológicas ou sanitárias. A utilização de descarregadores de fundo somente deve ser considerada se condicionamentos de jusante requererem descargas em condições que não possam ser atendidas pelo vertedor de superfície.

Circuito de Geração

O circuito de geração deve ser desenvolvido de maneira a localizar a casa de força ou canal de fuga à jusante da queda concentrada de modo a aproveitar ao máximo a queda no aproveitamento. A seguir, procura-se reduzir o comprimento total do circuito de maneira a encontrar a solução mais prática e econômica. De muita importância é a necessidade de reduzir a extensão do trecho sujeito às pressões mais altas, uma vez que o custo por metro destes trechos é, em geral, muito elevado, seja em condutos forçados na superfície ou em túneis forçados. Nos Estudos de Inventário, onde não há maiores informações disponíveis sobre as reais condições geotécnicas do subsolo, devem ser evitadas obras subterrâneas de vulto, como túneis de adução longos, chaminés de equilíbrio subterrâneas, condutos forçados em túnel e casas de força subterrâneas.

Sistema para Transposição de Desnível

Quando os estudos indicarem que o rio é propício à navegação, os dispositivos de transposição de desnível devem ser previstos, desde o início dos estudos, observando os critérios da área de transportes sobre o arranjo.

Sistema de Transposição de Fauna Aquática Migratória

Quando os estudos indicarem que há necessidade de estruturas de transposição de fauna aquática migratória, essas devem ser previstas no arranjo.

2.6 PARÂMETROS ECONÔMICOS

Os parâmetros econômicos utilizados nos Estudos de Inventário são apresentados a seguir:

Data Base dos Orçamentos

É a data à qual são referidos os valores monetários adotados nos orçamentos.

Vida Útil das Instalações

É o tempo, em anos, da vida econômica útil das usinas hidroelétricas, normalmente, considerada como igual a 50 anos.

Taxa de Desconto

É a taxa utilizada para calcular o valor presente dos desembolsos futuros, correspondentes ao investimento, e para determinar o custo anual deste investimento. O valor deverá ser definido pelo poder concedente. Este valor deverá ser adotado em todo o Estudo de Inventário.

Custo Unitário de Referência de Energia – CRE

É o custo de geração, em R\$/MWh, acima do qual qualquer contribuição de energia firme que uma usina ou uma configuração de usinas adicione ao sistema deixa de ser economicamente competitiva com outras fontes de energia. Corresponde ao custo de produção de energia pura no sistema de referência considerado, num horizonte de longo prazo. Este custo será fornecido pelo poder concedente.

Custo de Referência de Ponta – CRP

É o valor, em R\$/kW/ano, a partir do qual o benefício de motorização adicional de usinas convencionais deixa de ser economicamente competitivo. Corresponde ao custo de instalação de ponta pura no sistema de referência considerado, num horizonte de longo prazo. Este custo também será fornecido pelo poder concedente.

Custo Unitário de Referência – CUR

É o custo de geração, em R\$/MWh, acima do qual a contribuição energética das usinas, ou das configurações de usinas, deixa de ser economicamente competitiva. Corresponde ao custo de longo prazo no sistema de referência considerado para a produção de energia a um fator de capacidade F_k , resultante da combinação da fonte de energia e da fonte de ponta do sistema de referência. O valor do CUR é calculado pela seguinte expressão.

$$CUR = CRE + \frac{CRP}{8,76.F_k} \quad (2.6.01)$$

Custo Anual de Operação e Manutenção – COM

É o valor, em R\$/kW/ano, requerido para operação e manutenção de usinas hidroelétricas. Para a sua estimativa recomenda-se a utilização de uma função matemática que relaciona potência instalada, P (MW), e custo anual de operação e manutenção, COM (R\$/kW/ano). A curva apresentada abaixo foi ajustada a partir das informações coletadas pela ANEEL para composição da Tarifa de Energia de Otimização, na revisão de 2007.⁴

$$COM = a \times P^{-b} \quad (2.6.02)$$

⁴ ANEEL, *Estudo de Custos Unitários de O&M das UHE – Composição da TEO – Tarifa de Energia de Otimização*. São Paulo: Andrade & Canellas, 2006.

Onde:

P	Potência instalada da usina hidroelétrica, em MW
a	87,343
b	0,3716

A data de referência dos COM utilizados no ajuste da curva apresentada na Equação 2.6.02 foi dezembro de 2006. Deve-se consultar o poder concedente para verificar se ocorreram atualizações desta curva. Caso não tenham ocorrido atualizações nesta curva, o COM deve ser atualizado a partir do Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI).

2.7 CRITÉRIOS PARA DIMENSIONAMENTO E CUSTO DE APROVEITAMENTOS

O dimensionamento das estruturas e equipamentos dos aproveitamentos das alternativas de divisão de queda em estudo, assim como a determinação de custos, é efetuado de forma diferente nos Estudos Preliminares e Finais, sendo apresentados em detalhes nos itens 4.10 e 5.7, respectivamente.

Na seleção de alternativas ao final dos Estudos Preliminares, as alternativas são comparadas e as não competitivas ou dominadas, são descartadas. Por isso, mesmo que nessa etapa se possam aceitar dados básicos preliminares, quanto melhor for a qualidade da estimativa de custo de cada aproveitamento, consequência do menor grau de incerteza, maior confiança haverá na seleção de alternativas para os Estudos Finais.

Por esse motivo, caso seja possível, recomenda-se nos Estudos Preliminares o emprego de planilhas oferecidas para dimensionamento das estruturas para os Estudos Finais, bastando que esteja disponível um mínimo de informações de campo onde as não disponíveis poderão ser presumidas.

2.7.1 Dimensionamento de Estruturas e Equipamentos

Na etapa de Estudos Preliminares praticamente não há dimensionamento de estruturas. Determinam-se as dimensões externas das principais estruturas meramente para elaboração de croqui do arranjo geral dos aproveitamentos.

Já na etapa de Estudos Finais, como resultado do melhor conhecimento da topografia e das condições geológicas, são possíveis arranjos gerais mais elaborados. São determinadas não apenas as dimensões externas das principais estruturas, mas também, pré-dimensionamentos hidráulicos por meio de gráficos e equações. O mesmo ocorre com os seus equipamentos.

2.7.2 Estimativa de Custos de Engenharia

Na etapa de Estudos Preliminares o critério geral para a estimativa de custo é o da utilização de gráficos de onde são obtidos os custos globais ou unitários de obras, serviços ou equipamentos em função de um ou mais parâmetros. O objetivo é estimar os custos de obras civis e equipamentos em grandes blocos para montagem rápida e simples do orçamento do aproveitamento, com seus custos padronizados, sem considerar as especificidades de cada sítio.

Nos Estudos Finais são determinadas as quantidades de serviços, suprimentos e equipamentos de cada estrutura por meio de gráficos, fórmulas e tabelas. Obtém-se o orçamento de cada estrutura pela aplicação de preços unitários às quantidades de serviços e suprimentos e equipamentos. Alguns custos de conjuntos de serviços e equipamentos são obtidos com valores globais, de forma paramétrica.

2.7.3 Custos Socioambientais

Deverão ser estimados os custos socioambientais que serão efetivamente internalizados no custo de implantação dos aproveitamentos, e incorporados nos índices custo/benefício, quais sejam:

- Custos de controle (incorridos para evitar a ocorrência, total ou parcial, dos impactos socioambientais negativos de um aproveitamento).
- Custos de mitigação (relativos às ações para redução das conseqüências dos impactos socioambientais negativos).
- Custos de compensação (relativos às ações que compensam os impactos socioambientais provocados por um aproveitamento nas situações em que a reparação é impossível).
- Custos de monitoramento (relativos às ações de acompanhamento e avaliação dos impactos e programas socioambientais).
- Custos institucionais (relativos à elaboração dos estudos socioambientais para as diferentes etapas do aproveitamento, à elaboração dos estudos requeridos pelos órgãos ambientais (EIA/RIMA e PBA), à obtenção das licenças ambientais e realização de reunião técnica e seminários públicos).

Tanto nos Estudos Preliminares quanto nos Estudos Finais, o critério para a estimativa dos custos socioambientais compreende a utilização de custos globais ou unitários. Alguns preços unitários deverão ser obtidos junto a fontes secundárias, complementados por levantamentos de campo, particularmente os preços de terrenos e benfeitorias rurais e urbanas.

2.8 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS

A seleção de alternativas é feita tendo como critério básico a maximização da eficiência econômico-energética em conjunto com a minimização dos impactos socioambientais negativos. Como, em geral, a maximização da eficiência econômico-energética conflita com a minimização dos impactos socioambientais, no processo de comparação e seleção de alternativas, estes aspectos deverão ser considerados dentro de uma abordagem multiobjetivo.

2.8.1 Estudos Preliminares

Nos Estudos Preliminares, a comparação e seleção de alternativas têm por objetivo a eliminação daquelas que não são competitivas, tanto sob o ponto de vista da eficiência econômico-energética, como sob o ponto de vista dos impactos socioambientais negativos. Para esta comparação, deve-se tomar como base o índice de custo/benefício energético e o índice de impacto socioambiental negativo calculados para cada alternativa, conforme itens 4.11.1 e 4.11.2.

Por tratar-se da seleção de um conjunto de alternativas que serão objeto de detalhamento durante os Estudos Finais, recomenda-se não compará-las com base na agregação dos citados índices, visando evidenciar o posicionamento de cada alternativa com relação a cada um dos objetivos, *maximização da eficiência econômico-energética, e minimização dos impactos socioambientais negativos*, evitando-se, deste modo, a necessidade de se estabelecer a importância relativa entre os objetivos. A seleção deve ser feita (item 4.11.3) tendo como base a eliminação das alternativas que apresentem baixo desempenho sob o ponto-de-vista de cada objetivo isoladamente e a identificação, entre as alternativas restantes, do conjunto das não-dominadas (alternativas para as quais não exista outra com índice custo/benefício energético e índice socioambiental negativo, simultaneamente inferiores).

2.8.2 Estudos Finais

Nos Estudos Finais, a comparação e seleção de alternativas têm por objetivo identificar uma alternativa que será utilizada nos estudos subseqüentes da cadeia de planejamento da expansão do Setor Elétrico. Essa escolha deverá ser feita considerando um critério de hierarquização das alternativas que leve em conta o critério básico de maximização da eficiência econômico-energética em conjunto com a minimização dos impactos socioambientais negativos, levando em conta, adicionalmente, os impactos socioambientais positivos oriundos da implantação dos aproveitamentos hidroelétricos na bacia.

As alternativas devem ser hierarquizadas segundo um índice de preferência I , obtido pela soma ponderada do índice custo/benefício energético e do índice de impacto socioambiental negativo. Os pesos utilizados devem ser estabelecidos considerando a importância relativa atribuída a cada um dos objetivos, de modo a refletir o contexto em que a análise se insere e a época em que os estudos se realizam (item 5.8.4). Para a definição destes pesos, além da opinião dos especialistas envolvidos diretamente nos estudos, são considerados os resultados da reunião técnica para apresentação parcial dos estudos, a ser realizada ao final dos Estudos Preliminares, conforme descrito no item 2.9.

Para a escolha final da alternativa de divisão de queda, propõe-se uma análise adicional incorporando-se à hierarquia anterior os impactos socioambientais positivos para a área do estudo, representados pelo índice de impactos socioambientais positivos, obtendo-se o índice de preferência modificado I' , conforme descrito no item 5.8.4.

2.9 DIVULGAÇÃO E PARTICIPAÇÃO PÚBLICA

Visando informar e envolver os diversos setores da sociedade ao longo do desenvolvimento dos Estudos de Inventário, deverão ser adotados os seguintes procedimentos:

- a) Na Etapa de Planejamento, comunicar aos órgãos ambientais e de recursos hídricos, bem como aos Comitês, associações ou outras instituições relacionadas com o gerenciamento dos recursos hídricos sobre o início dos estudos, apresentando seus objetivos, as atividades, análises e prospecções que serão realizadas na bacia.
- b) Ao final dos Estudos Preliminares, será realizada uma reunião de caráter técnico, convocada pelo MME, onde serão apresentados os resultados dos estudos dessa etapa.
- c) Ao final dos estudos, será realizado um Seminário Público, convocado pelo MME, para apresentação dos resultados da divisão de queda selecionada e dos estudos de AAI, suas diretrizes e recomendações.

2.10 BIBLIOGRAFIA

ANEEL. *Estudo de Custos Unitários de O&M das UHE – Composição da TEO – Tarifa de Energia de Otimização*. São Paulo: Andrade & Canellas, 2006.

ELETROBRÁS. *Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas*. 1997.

EPE/Sondotécnica, *AAI da Bacia do Rio Doce*, 2007.

MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE. *Plano Nacional de Recursos Hídricos*. 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/srh/pnrh>.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Lei nº 9.433 de 8 de Janeiro de 1997.

RAMOS, A., 1987, *apud* Iara Verocai. *Vocabulário Básico de Meio Ambiente*. Rio de Janeiro, 1990, *apud* EPE/Sondotécnica – AAI do Rio Doce, 2007.

VEROCAI, I. *Vocabulário Básico de Meio Ambiente*. Rio de Janeiro, 1990, *apud* EPE/Sondotécnica – AAI do Rio Doce, 2007.



capítulo 3

Planejamento dos Estudos

CAPÍTULO 3

3.1	COLETA E ANÁLISE DE DADOS	64
3.1.1	Cartografia	65
3.1.2	Hidrometeorologia.	66
3.1.3	Usos Múltiplos da Água	67
3.1.4	Geologia e Geotecnia	69
3.1.5	Meio Ambiente	71
3.2	IDENTIFICAÇÃO DE LOCAIS BARRÁVEIS	73
3.3	RECONHECIMENTO DE CAMPO	74
3.4	ALTERNATIVAS DE DIVISÃO DE QUEDA	75
3.5.	RELATÓRIO DE PLANEJAMENTO DOS ESTUDOS	76
3.5.1	Aspectos Socioambientais e de Recursos Hídricos	76
3.5.2	Programa de Trabalho a Executar e Estimativa de Custos	76
3.6	BIBLIOGRAFIA.	78

A fase de Planejamento tem como objetivo programar as etapas posteriores do Estudo de Inventário, quais sejam, Estudos Preliminares e Estudos Finais, incluindo os estudos de Avaliação Ambiental Integrada. Deverá apresentar como produto um relatório gerencial contendo o plano de trabalho dos Estudos de Inventário, com seu cronograma e custo.

As informações a serem levantadas nesta fase compreendem dados cartográficos, geológicos, geotécnicos, hidrometeorológicos, sedimentométricos, socioambientais e de custo, de caráter regional e local.

A análise desses dados permite:

- Avaliar os levantamentos e investigações de campo necessários para as etapas posteriores.
- Indicar prováveis locais de barramento.
- Propor, preliminarmente, alternativas de divisão de queda.
- Estimar o potencial energético.

O planejamento dos estudos é elaborado considerando parâmetros, restrições e fatores, já identificados, que condicionam o desenvolvimento dos trabalhos.

Em áreas relativamente bem conhecidas, esta fase deve basear-se, principalmente, em informações de natureza bibliográfica e documental, coletadas junto a entidades governamentais e particulares. Os reconhecimentos de campo têm, nesta fase, caráter expedito, visando à coleta e confirmação de informações relevantes, de fácil e rápida obtenção.

Em regiões pouco conhecidas, a precariedade de informações poderá requerer, mesmo durante o Planejamento dos Estudos, a necessidade de trabalhos de campo mais aprofundados, para que se obtenha uma aceitável precisão dos resultados.

Durante o desenvolvimento desta etapa deverá ser realizada uma comunicação sobre os estudos, com a descrição das atividades, análises e prospecções que serão realizadas na bacia, para os órgãos ambientais e de recursos hídricos, bem como para os Comitês, associações ou outras instituições relacionadas com o gerenciamento dos recursos hídricos, destacando seus objetivos, visando estabelecer um canal de comunicação e facilitando a coleta dos dados que se farão necessários.

3.1 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Como ponto de partida para o trabalho de coleta de dados, é recomendável recorrer, dentre outros, às seguintes instituições, que centralizam informações específicas pertinentes às suas áreas de atuação:

- ANA – Agência Nacional de Águas: dados hidrometeorológicos e sedimentológicos.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica: dados sobre estudos anteriores e orientações sobre o assunto.
- CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos: legislação de recursos hídricos, informações sobre comitês de bacias.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente: legislação ambiental.
- CONCAR – Conselho Nacional de Cartografia: legislação e normas cartográficas.
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais: Serviços Geológicos do Brasil: dados hidrometeorológicos, geológicos, hidrogeológicos e minerais.
- DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil/Ministério da Defesa: informações cartográficas das vias navegáveis e autorizações necessárias.
- DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura e Transporte: informações sobre vias de circulação.
- DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral: mapeamentos geológicos e minerais, bem como as solicitações de processos minerários.
- DSG – Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro/Ministério da Defesa: informações topográficas planimétricas e altimétricas, cartas convencionais e cartas-imagem da região de interesse, entre outras.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: informações relativas à aptidão e uso das terras.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética: estudos de inventário hidroelétrico, estudos de planejamento hidroelétrico.
- FCP – Fundação Cultural Palmares (Ministério da Cultura): informações sobre comunidades quilombolas.
- FGV – Fundação Getúlio Vargas: indicadores econômicos e sociais.
- FUNAI – Fundação Nacional do Índio: localização, e informações de terras e população indígenas.
- IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis: informações ambientais.
- IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: informações socioambientais, geodésicas, topográficas, cartográficas, de Sensoriamento Remoto e dados do projeto RADAMBRASIL, entre outras.
- INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária: informações sobre projetos de assentamentos humanos e demarcação de áreas quilombolas.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia: dados climatológicos ou meteorológicos.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisa Espacial: sensoriamento remoto.
- INPRA – Instituto Internacional de Pesquisa e Responsabilidade Socioambiental Chico Mendes.

- IPHAN/MinC – Instituto do Patrimônio Histórico e Arqueológico Nacional: informações sobre sítios arqueológicos.
- MMA – Ministério de Meio Ambiente: dados sobre Unidades de Conservação e áreas prioritárias para conservação da biodiversidade.
- OEMAs – Órgãos Estaduais de Meio Ambiente.
- Órgãos de Recursos Hídricos Estaduais: outorgas.
- SBE – Sociedade Brasileira de Espeleologia: cadastramento de cavernas e grutas.
- SEAP – Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca: planos.
- SEMA – Secretarias Estaduais de Meio Ambiente.
- SEPPIR – Secretaria Especial de Políticas de Promoção da Igualdade Racial.
- SERH – Secretarias Estaduais de Recursos Hídricos.
- SIPAM – Sistema de Proteção da Amazônia: informações sobre dados cartográficos e socioambientais da Amazônia.
- SPHAN – Secretaria de Patrimônio Histórico e Arqueológico Nacional.
- SRHU/MMA – Secretaria de Recursos Hídricos: planejamento e gestão de recursos hídricos.

Existem ainda outras entidades, de âmbito estadual e municipal, que reúnem algumas das informações citadas, devendo-se dar especial atenção aos órgãos de gestão de recursos hídricos.

Devem ser buscadas, também, informações relativas à:

- Estudos de impacto socioambiental de projetos localizados na bacia hidrográfica.
- Estudos socioambientais (PCA, PBA, relatórios de monitoramento etc.).
- Planos regionais integrados, planos diretores municipais, planos setoriais existentes (planos rodoviários, hidroviários e outros).
- Planos diretores de bacias hidrográficas.
- Avaliações ambientais (estratégicas ou integradas da bacia hidrográfica estudada).
- Estudos diversos (relatórios, artigos técnicos, teses, etc.) contemplando, parcial ou integralmente, a bacia hidrográfica, destacando-se os relativos às seguintes áreas de conhecimento e temas: recursos minerais, sismicidade, fauna, cobertura vegetal, geologia, geotecnia, geomorfologia, pedologia, hidroclimatologia, hidrometeorologia, limnologia, ictiologia, sociologia, economia, antropologia, populações indígenas, populações tradicionais, arqueologia e paleontologia.

3.1.1 Cartografia

A qualidade do planejamento depende da quantidade, da variedade, da representatividade e da consistência dos dados disponíveis. Tradicionalmente, devem ser buscadas as seguintes informações:

- Cartas topográficas (planialtimétricas) e mapas temáticos – Obtenção junto a órgãos públicos de produção cartográfica ou empresas de mapeamento. Poderão ser relacionadas cartas, mapas e plantas da área de interesse e, de acordo com a escala, devem ser selecionados aqueles adequados a cada finalidade. Deverá ser feita a análise da confiabilidade destes documentos, baseada na metodologia utilizada para sua obtenção e na classificação de acordo com o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) do documento, viabilizando sua utilização nas fases posteriores.

- Pontos de apoio planimétrico e altimétrico – Levantamento da existência de apoio geodésico junto aos órgãos competentes. Devem ser verificadas a precisão, disponibilidade e integridade dos marcos de apoio fundamental. Podem ser utilizados trabalhos de natureza geodésica ou topográfica realizados por entidades governamentais ou empresas privadas, desde que compatíveis com a qualidade exigida pelas normas técnicas relativas aos assuntos abordados.
- Sistemas de Informação Geográfica – Obtenção de informações junto a empresas públicas e/ou privadas, as quais poderão ser selecionadas de acordo com a base cartográfica utilizada na sua confecção e a qualidade do banco de dados associado.

Outros documentos úteis, em especial para fases posteriores, são:

- Imagens de Sensoriamento Remoto – Coleta de informações junto ao INPE, IBGE, DSG e outras instituições/empresas que possuam informações dessa natureza, verificando a cobertura existente sobre a área de interesse, em especial: o índice de cobertura de nuvens, as datas da tomada das cenas, os tipos de sensores que as produziram, as resoluções espacial ou geométrica, espectral e temporal, escalas de mapeamento possíveis e a existência de estereopares.
- Fotografias aéreas – Coleta de informações junto a órgãos públicos ou empresas de mapeamento. Essas informações deverão ser analisadas quanto à sua utilidade para fases posteriores. Devem ser pesquisadas a existência e disponibilidade de fotos aéreas da área de interesse, além de mosaicos e ortofotocartas e também fotografias aéreas não métricas.
- Mapa geoidal – Coleta de informações junto ao IBGE e a universidades.

É necessária uma análise criteriosa dos trabalhos coletados, não só quanto a qualidade decorrente da metodologia empregada, mas também quanto ao sistema de projeção utilizado e à compatibilidade de referência (*datum* altimétrico e planimétrico) entre eles.

Existindo a necessidade de se proceder a um levantamento específico ou complementar da bacia para os Estudos Finais, dever-se-á produzir informações de acordo com as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional, Decreto nº 5.334, de 6 de janeiro de 2005.

Em suma, os produtos desta fase são: a avaliação dos documentos encontrados e a relação dos serviços necessários.

3.1.2 Hidrometeorologia

Os dados hidrometeorológicos e sedimentológicos a serem coletados correspondem às séries de descargas diárias líquidas e sólidas e informações meteorológicas – precipitação, vento, insolação, temperatura etc. – das estações já existentes na bacia, com dados confiáveis e período de registro suficientemente longo. Devem ser levantadas as principais informações disponíveis, tais como fichas descritivas das estações, resumos das medições de descarga líquida e sólida, registro de observações de níveis de água ou limnigramas e registro de altura de chuva ou pluviogramas, além de eventuais análises de consistência e de preenchimento de falhas de dados realizadas.

Devem ser também identificadas as lacunas espaciais e temporais existentes, observando a regionalização dos dados com comportamento similar. A rede fluviométrica de estações deve ser caracterizada em termos do tipo e características do dado disponível.

Não havendo informações suficientes e confiáveis, será necessário, durante os Estudos Preliminares, gerar as séries de vazões médias mensais e as vazões extremas a partir de estudos de regionalização, ou de modelos determinísticos, apoiados nos dados fluviométricos e pluviométricos disponíveis não só na

bacia em estudo, mas também em regiões contíguas com comportamento hidrológico e hidrogeológico semelhantes.

Como produto desta fase, recomenda-se a confecção do mapa da bacia com a indicação da rede fluviométrica existente e possíveis eixos para estudo. Deve ser indicada a disponibilidade dos dados, através de um diagrama de barras, a relação das estações, os respectivos períodos de dados disponíveis e o tipo de coleta realizada.

Os dados necessários aos estudos podem ser obtidos na ANA, no INMET, na ANEEL, na EPE, nos órgãos estaduais de gerenciamento de recursos hídricos e nas empresas e entidades usuárias de recursos hídricos, como as de energia elétrica e abastecimento de água.

Quanto à questão de sedimentologia, recomenda-se que, além da coleta dos dados sedimentométricos, sejam levantadas as condições de erosão da bacia, através de mapas de erosão potencial e do uso do solo e desmatamentos, além de informações obtidas durante o reconhecimento de campo. Deverão ser também identificados os trechos de rio onde os processos de erosão e assoreamento podem sofrer alterações críticas em função da implantação de reservatórios a montante ou a jusante. É importante consultar estudos existentes em relatórios técnicos de projetos de barragens para todos os fins.

Caso seja necessária a instalação de novos postos fluviométricos, pluviométricos ou sedimentométricos, em complementação a rede existente, recomenda-se que as suas localizações levem em conta as instruções da Resolução ANEEL nº 396/98 e que seja realizada consulta às entidades operadoras da rede hidrométrica da região e às empresas geradoras que operam na bacia, quanto ao interesse de operar e manter os referidos pontos de medição.

3.1.3 Usos Múltiplos da Água

A coleta de dados e informações acerca dos diversos usos da água tem como objetivo identificar as potencialidades da bacia hidrográfica em estudo e verificar a sua compatibilidade com o Plano Nacional de Recursos Hídricos e planos de bacia, quando houver, bem como com os planos setoriais e integrados disponíveis. Visa à elaboração de cenário para a utilização da água na bacia, que serão utilizados na avaliação dos benefícios energéticos das alternativas de divisão de queda e dos impactos socioambientais. O Quadro 3.1.3.01, a seguir, apresenta o tipo de informação que deve ser coletada e as principais entidades fornecedoras para alguns usos da água que podem interferir na geração hidroelétrica. Deverão ser considerados também, os usos futuros do reservatório, como a exploração turística, a aqüicultura e o enquadramento do corpo d'água, que pode vir a exigir restrições em sua operação.

Quadro 3.1.3.01 - Usos da água e fontes de consulta.

Uso	Fontes e Informações	Entidades
Irrigação	<ul style="list-style-type: none"> – Plano Nacional de Recursos Hídricos – Planos Estaduais de Recursos Hídricos – Planos de Recursos Hídricos da Bacia – Planos Diretores dos Municípios – Cadastro de outorgas – Inventário de áreas irrigáveis – Coeficientes de dotação típicos – Estatísticas de consumo – Planos de implantação de perímetros de irrigação – Cadastro de irrigantes e projetos implantados – Tipos de solo e calendários de culturas – Censo Agropecuário (por município – IBGE) 	SRHU/MMA ANA/MMA IBGE MAPA MI Comitês de bacias Agências regionais Órgãos estaduais Órgãos municipais
Criação Animal	<ul style="list-style-type: none"> – Plano Nacional de Recursos Hídricos – Planos Estaduais de Recursos Hídricos – Planos de Recursos Hídricos da Bacia – Planos Diretores dos Municípios – Cadastro de outorgas – Estatísticas de consumo – Demanda para criação de animais (índice BEDA) – Censo Agropecuário (por município – IBGE) 	SRHU/MMA ANA/MMA IBGE MAPA MI Comitês de bacias Agências regionais Órgãos estaduais Órgãos municipais
Controle de Cheias	<ul style="list-style-type: none"> – Plano Nacional de Recursos Hídricos – Planos Estaduais de Recursos Hídricos – Planos de Recursos Hídricos da Bacia – Levantamento do uso do solo nas planícies de inundação – Levantamento das obras existentes de controle e proteção de enchentes – Planos de macrodrenagem – Estudos de controle de cheias na bacia 	SRHU/MMA ANA/MMA IBGE ANEEL ONS MI Comitês de bacias Agências regionais Órgãos estaduais Órgãos municipais OTEP
Navegação	<ul style="list-style-type: none"> – Plano Nacional de Recursos Hídricos – Planos Estaduais de Recursos Hídricos – Planos de Recursos Hídricos da Bacia – Planos Diretores dos Municípios – Levantamento dos trechos navegáveis e portos fluviais – Estatísticas de movimentação de pessoas e mercadorias na região – Planos de navegação fluvial 	SRHU/MMA ANA/MMA IBGE MI MTransportes/DNIT Secretaria Estadual de Transportes Comitês de bacias Agências regionais Órgãos estaduais Órgãos municipais
Abastecimento Humano	<ul style="list-style-type: none"> – Plano Nacional de Recursos Hídricos – Planos Estaduais de Recursos Hídricos – Planos de Recursos Hídricos da Bacia – Planos Diretores dos Municípios – Estatística de crescimento populacional – Projeções demográficas urbana e rural – Cadastro de outorgas – Planos de incentivo agrícola nas áreas rurais 	SRHU/MMA ANA/MMA IBGE MCidades Comitês de bacias Agências regionais Órgãos estaduais Órgãos municipais Prestadoras de serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário

Uso	Fontes e Informações	Entidades
Saneamento	<ul style="list-style-type: none"> – Plano Nacional de Recursos Hídricos – Planos Estaduais de Recursos Hídricos – Planos de Recursos Hídricos da Bacia – Planos Diretores dos Municípios – Cadastro de outorgas – Projeções demográficas urbana e rural – Sistema Nacional de Informações e Saneamento – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 	SRHU/MMA ANA/MMA IBGE MCidades Comitês de bacias Agências regionais Órgãos estaduais Órgãos municipais Prestadoras de serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário
Indústria	<ul style="list-style-type: none"> – Plano Nacional de Recursos Hídricos – Planos Estaduais de Recursos Hídricos – Planos de Recursos Hídricos da Bacia – Planos Diretores dos Municípios – Cadastro de outorgas – Planejamento de termoeletricas – Censo industrial – Pesquisa industrial anual 	SRHU/MMA ANA/MMA IBGE MDIC MME DNPM/MME CNI Federações Comitês de bacias Agências regionais Órgãos estaduais Órgãos municipais
Turismo e Lazer	<ul style="list-style-type: none"> – Plano Nacional de Recursos Hídricos – Planos Estaduais de Recursos Hídricos – Planos de Recursos Hídricos da Bacia – Planos Diretores dos Municípios – Cadastro de outorgas – Planos de Turismo 	SRHU/MMA ANA/MMA IBGE MDIC MTur Ministério dos Esportes Comitês de bacias Agências regionais Órgãos estaduais Órgãos municipais
Aqüicultura	<ul style="list-style-type: none"> – Plano Nacional de Recursos Hídricos – Planos Estaduais de Recursos Hídricos – Planos de Recursos Hídricos da Bacia – Planos Diretores dos Municípios – Cadastro de outorgas – Plano setorial 	SEAP/PR MAPA SPU/MPOG MMA ANA Autoridade marítima
Manutenção dos Ecossistemas	<ul style="list-style-type: none"> – Planos Estaduais de Recursos Hídricos – Planos de Recursos Hídricos da Bacia – Estudos de vazão mínima ecológica 	Órgãos gestores de recursos hídricos e de meio ambiente

3.1.4 Geologia e Geotecnia

Os dados geológicos e geotécnicos a serem coletados deverão contemplar informações que permitam caracterizar as condições de fundação e escavação para implantação das estruturas e os materiais naturais de construção a serem utilizados na implantação dos aproveitamentos e elementos para subsidiar os estudos ambientais. Deverão ser levantadas informações geológicas e geomorfológicas na bacia hidrográfica, com relação às fontes de erosão, recursos minerais, estabilidade de encostas naturais, sismicidade natural e induzida, estanqueidade e conformação dos reservatórios.

Os dados básicos para a fase de planejamento são essencialmente documentos existentes, obtidos a partir de levantamentos bibliográficos na forma de mapas geológicos e geomorfológicos, estudos e mapas geológico-geotécnicos, imagens de sensoriamento remoto (radar, multiespectrais etc.) e fotografias aéreas. Deverão ser coletadas as seguintes informações básicas:

- Dados geotécnicos de usinas hidroelétricas, estudadas e executadas na região, e ou em condições geológicas similares às existentes na área dos estudos, bem como de estradas e outras obras de vulto também na região.
- Mapas geológicos, geomorfológicos, de potenciais de mineralização e de sismotectônica, com escala, área de abrangência, órgão executor, ano.
- Dados sobre recursos minerais junto ao DNPM, na forma de mapas de localização das áreas de pesquisa e lavra, bem como de listagens desses processos.

Estas informações devem ser objeto de uma análise criteriosa quanto à qualidade e a sua aplicabilidade aos estudos. Depois da análise, podem, se necessário, ser verificadas no local a partir de reconhecimento aéreo e de expedições terrestres.

Se não existirem mapas e informações geológicas adequadas da região em estudo, deve-se propor a elaboração de mapas fotogeológicos preliminares da faixa de interesse dos rios a serem inventariados, buscando locais ou trechos passíveis de barramentos, identificando também as faixas de planície aluvial e as estruturas geológicas marcantes.

Para definir os elementos geológicos, geomorfológicos e geotécnicos requeridos nos Estudos de Inventário, apresenta-se a seguir o Quadro 3.1.4.01 com os dados que serão necessários nas fases de Estudos Preliminares e Estudos Finais, objeto de coleta e análise nesta fase de Planejamento dos Estudos.

Nos Estudos Preliminares de Inventário, a caracterização dos parâmetros geológicos e geotécnicos é requerida somente em nível estimativo. Já na fase dos Estudos Finais de Inventário essa caracterização é requerida em nível adequado de certeza das condições de fundação das estruturas, bem como da disponibilidade dos materiais naturais de construção.

Os produtos desta fase são: a avaliação dos documentos encontrados e a relação dos serviços necessários.

Quadro 3.1.4.01 – Atividades geológicas, geomorfológicas e geotécnicas requeridas nos Estudos de Inventário.

Planejamento dos Estudos	Estudos Preliminares	Estudos Finais
<ul style="list-style-type: none"> – Cadastrar e obter dados de: <ul style="list-style-type: none"> a) usinas hidroelétricas estudadas e construídas na região e/ou em condições geológicas similares às existentes na área dos estudos; bem como de estradas e outras obras de vulto na região; b) mapas geológicos, geomorfológicos, de potenciais de mineralizações, de sismotectônica; informar escala, área de abrangência, órgão executor, ano; c) recursos minerais junto ao DNPM, na forma de mapas de localização das áreas de pesquisa e lavra, bem como de listagens destes processos; – Analisar o material disponível; – Elaborar relação de serviços necessários. 	<ul style="list-style-type: none"> – Fotointerpretar geologicamente a partir de imagens de sensoramento remoto de foto aéreas com o objetivo de: <ul style="list-style-type: none"> a) complementar os mapas geológicos e geomorfológicos existentes; b) subsidiar o posicionamento de locais prováveis de barramento; c) indicar potencialidades de materiais naturais de construção (bancos de areia e cascalho no leito do rio, pedreiras, áreas de empréstimo); d) indicar áreas potenciais de suscetibilidade de a erosão na bacia; e) indicar áreas com instabilidade natural de encostas, ao redor do reservatório; f) fazer mapeamento geológico-geotécnico expedito dos sítios de barramento. – Executar, no mínimo, poços de inspeção e sondagens a trado nos sítios de barramento. – Apresentar seções geológico-geotécnicas dos eixos de barramento, indicando o provável topo rochoso e os tipos de materiais encontrados no sítio. – Avaliar a potencialidade dos materiais naturais de construção (áreas de empréstimo, areia, cascalho e pedreira). – Fazer mapeamento geológico e geomorfológico regional ao longo dos rios e estradas. – Fazer mapa de recursos minerais. – Fazer mapa sismotectônico da bacia. 	<ul style="list-style-type: none"> – Complementar as informações obtidas na fase dos Estudos Preliminares de interesse regional e dos locais barráveis que passaram para a fase dos Estudos Finais. – Poderão ser executadas investigações complementares, tais como poços manuais, trincheiras, furos a trado e sondagens geofísicas. – Fornecer parâmetros comparativos entre os diferentes tipos de rocha existentes nas fundações dos barramentos. – Avaliar os recursos minerais que podem sofrer influência dos reservatórios, a partir dos dados do DNPM.

3.1.5 Meio Ambiente

Os dados socioambientais devem permitir a identificação das questões mais significativas e, especialmente, aquelas que possam vir a se configurar em restrições ou oportunidades, de modo a influenciar a definição dos locais barráveis e a identificação preliminar das alternativas de divisão de queda, bem como subsidiar a elaboração do programa de trabalho e a estimativa de custo das etapas subsequentes.

A coleta de dados deverá ser realizada, principalmente, tendo como base informações obtidas junto a órgãos públicos, empresas estatais, agências governamentais especializadas (federais, estaduais e municipais), universidades e institutos de pesquisa. As informações compreendem referências bibliográficas, documentais, cartográficas e estatísticas.

Destaca-se que, para alguns dos aspectos socioambientais, as bases de dados serão as mesmas a serem utilizadas pelos estudos de cartografia, hidrometeorologia, usos múltiplos da água, geologia e geotecnia, definidas nos itens 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3 e 3.1.4.

Todos os dados coletados deverão ser catalogados, avaliados quanto à consistência e atualidade, tendo em vista, principalmente, a consideração da disponibilidade de dados básicos que interfiram de forma marcante no cronograma dos Estudos de Inventário. Esta avaliação deve levar em consideração os conteúdos definidos na formulação dos componentes-síntese indicados para orientar a elaboração do Diagnóstico Socioambiental na etapa de Estudos Preliminares, conforme item 4.3.

Tendo em vista a consideração dos aspectos socioambientais na seleção dos locais barráveis e identificação preliminar de alternativas de divisão de queda, deverão ser objeto de especial atenção os aspectos socioambientais relevantes apresentados no Quadro 3.1.5.01.

Quadro 3.1.5.01 – Aspectos socioambientais relevantes.

Aspectos Socioambientais	Conteúdo Mínimo	Fontes Sugeridas
Grupos populacionais indígenas	Localização das terras indígenas, indicando situação legal, população e grupos étnicos	FUNAI, ISA, teses e estudos acadêmicos, Anuário Estatístico do Brasil/IBGE, legislação específica
Grupos remanescentes de quilombos, minorias étnicas ou populações tradicionais	Localização das áreas, população	Movimento Negro Unificado, SEPPIR, Fundação Palmares, INCRA, literatura específica, legislação específica
Unidades de Conservação	Localização, classificação, caracterização, situação legal, existência de conflitos	INPRA, órgãos estaduais de meio ambiente, legislação específica, literatura específica
Patrimônio	Localização dos patrimônios da humanidade, histórico, cultural, arqueológico, paisagístico, espeleológico e ecológico	IPHAN, órgãos estaduais e municipais de patrimônio histórico
Sedes municipais e distritais	Localização e identificação da hierarquia funcional e contingente populacional	IBGE, prefeituras e secretarias estaduais
Áreas com densidade significativa de populações rurais	Estrutura fundiária, densidade populacional, condição de propriedade, dados de produção	IBGE, prefeituras e associações de produtores
Infra-estrutura econômica e de saneamento básico	Localização das rodovias, ferrovias, portos fluviais, campos de pouso e LTs, pontes, estradas vicinais	Mapas rododiferroviários, IBGE, DNIT, DERs, prefeituras e órgãos estaduais
Ocorrências minerais de valor econômico e estratégico	Existência e classificação de concessões de lavras	DNPM, CPRM, Projeto RADAM-Brasil, órgãos estaduais e municipais
Ocorrências hidrominerais	Localização e caracterização	DNPM, órgãos estaduais e municipais
Instalações industriais e agroindustriais	Localização e caracterização	EMBRAPA, EMATER, confederação das indústrias, órgãos estaduais e municipais, IBGE, MDA
Atividade pesqueira comercial	Caracterização geral (formas de organização da atividade, quantidade e tipo de pescado, destino da produção)	IBAMA, órgãos estaduais de meio ambiente, IBGE, SEAP

Aspectos Socioambientais	Conteúdo Mínimo	Fontes Sugeridas
Espécies raras, endêmicas ou em extinção	Localização e identificação em nível local e regional	IBAMA, INPRA, órgãos estaduais de meio ambiente, teses e publicações científicas.
Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade	Localização e identificação em nível local e regional	MMA, INPRA, órgãos estaduais de meio ambiente, Comissão de Meio Ambiente do Congresso Nacional
Áreas frágeis ou de relevante interesse ecológico	Localização, características, usos e ocupação da área	IBAMA, INPRA, órgãos estaduais de meio ambiente, prefeituras, secretarias estaduais e municipais
Ictiofauna	Rotas migratórias, locais de desova, criadouros	Institutos de pesquisa, universidades e órgãos ambientais
Atividades econômicas	Atividades econômicas a serem potencialmente afetadas, tais como pesca, agricultura etc., com indicação de valores	MAPA, SEAP, IBGE, Secretarias estaduais e municipais
Organizações sociais	Conflitos e formas de organização	Principais ONGs, movimentos sociais e associações atuantes na região

Destaca-se que estão indicadas somente as questões relacionadas aos principais impactos que ocorrem quando da implantação de aproveitamentos hidroelétricos. Dependendo da especificidade de cada bacia, alguns dos aspectos listados poderão ser desconsiderados. Por outro lado, podem surgir outras questões relevantes que deverão ser abordadas.

Recomenda-se que:

- Os dados coletados sejam sistematizados, organizados e georeferenciados. Neste sentido, a utilização de sistemas geográficos de informação proporcionam maior agilidade e flexibilidade para as análises requeridas, além de auxiliarem na formação de banco de dados digitais, de fundamental importância para a atualização e resgate das informações.
- Sejam elaborados, sempre que possível e com base no levantamento dos dados secundários efetuado, mapas temáticos em base cartográfica única, compatíveis com os demais mapas necessários ao Estudo de Inventário, e que devem estar vinculados a um banco de dados.
- Seja elaborado um mapa-síntese que tenha como objetivo a representação cartográfica simultânea das informações, constituindo-se num primeiro quadro ambiental referencial da bacia, destacando os aspectos que podem vir a se configurar como restrição relevante e enfatizando os problemas e conflitos existentes e potenciais. Esse mapa deve subsidiar a identificação dos locais barráveis, a definição da área de estudo a ser considerada nas etapas subseqüentes e a elaboração do roteiro para orientar o reconhecimento de campo.

3.2 IDENTIFICAÇÃO DE LOCAIS BARRÁVEIS

Dever-se-á elaborar um **mapa de possíveis locais barráveis**, com base na análise dos dados levantados no item 3.1 e nos fatores condicionantes identificados. Os possíveis locais barráveis devem ser identificados principalmente a partir de mapas planialtimétricos. Complementarmente, deverão ser usadas fotografias aéreas e imagens obtidas por sensoriamento remoto. Quanto a essa primeira pesquisa, devem ser observados, com especial interesse, todos os trechos em corredeiras e quedas de água, além de todos os locais que apresentem estreitamentos acentuados do vale. Igualmente, deverão receber atenção as limitações impostas pelas condicionantes físicas e restrições socioambientais.

Em cada eixo de barragem deve-se determinar o maior nível de água que o reservatório pode atingir.

Esses locais devem ser caracterizados em plantas e perfis dos rios, que servirão de base para formulação das possíveis alternativas de divisão de queda. Os critérios a serem adotados em cada caso dependerão da avaliação técnica dos parâmetros topográficos, geológicos, geotécnicos, hidrológicos e socioambientais.

3.3 RECONHECIMENTO DE CAMPO

De posse dos dados geológicos, hidrológicos, além de condicionantes físicos e restrições socioambientais levantados e mapas planialtimétricos das diferentes áreas de estudo e do mapa de possíveis locais barráveis, deve-se elaborar o Plano de Reconhecimento de Campo, que poderá ser aéreo, terrestre e fluvial.

O reconhecimento de campo deve ser feito por uma equipe multidisciplinar, com o objetivo principal de confirmar, incluir e/ou excluir possíveis locais barráveis e as restrições levantadas. Deve também confirmar, incluir ou excluir pontos de apoio logístico aos estudos a serem propostos.

Durante o reconhecimento de campo deve ser examinada, detalhadamente, a morfologia geral da região e comparada com as informações disponíveis. Devem ser pesquisados trechos correspondentes a estreitamentos acentuados das ombreiras, gargantas e outros acidentes deste tipo. Os locais previamente considerados como passíveis de comportar obras de barramento devem ser inspecionados com mais detalhe, estimando a queda máxima permitida no sítio.

Deve ser observada a existência e as condições dos postos hidrométricos da região, bem como a existência de bancos de areia e trechos de rio com tendência a erosão.

Os principais usos de recursos hídricos devem ser identificados nesta etapa. Por exemplo, tomadas d'água existentes, áreas de pesca, praias de uso corrente e eventual, áreas de turismo, lançamentos de efluentes, transporte aquaviário longitudinal e transversal (entre margens), redes de drenagem de águas pluviais, dentre outros.

O reconhecimento de campo dos aspectos socioambientais, tal como ocorre nas demais áreas de estudo, deve ter caráter expedito. Ressalta-se a importância do reconhecimento de campo para o planejamento dos estudos socioambientais por permitir uma visão geral da bacia hidrográfica. Especial atenção deve ser dada aos aspectos relacionados aos ecossistemas aquáticos e terrestres e aos grupos populacionais potencialmente afetados, a situação das matas ciliares, como também de construções dentro da calha do rio, uma vez que as situações encontradas podem vir a ter influência direta na definição de tempo e complexidade dos estudos das etapas posteriores.

Todas as observações levantadas pela equipe multidisciplinar deverão ser consolidadas, dando ênfase especial à inclusão de novos dados e à confirmação, ou não, das informações anteriormente levantadas. Os mapas temáticos e demais dados deverão ser revistos de forma a incorporar as novas informações.

3.4 ALTERNATIVAS DE DIVISÃO DE QUEDA

Com base nas informações obtidas em 3.1, 3.2 e 3.3, deve ser considerado o maior número possível de alternativas de divisão de queda e estimado o potencial energético de cada alternativa e de cada aproveitamento hidroelétrico.

As alternativas de divisão de queda devem, de modo geral, procurar incluir a criação de reservatórios de regularização nos trechos de montante. As alturas máximas dos barramentos devem ser compatíveis com as características físicas e de fundações de cada local.

As alternativas de divisão de queda devem procurar aproveitar a totalidade da queda disponível, considerando as limitações impostas pelas condicionantes físicas e socioambientais.

A possibilidade de reversão de parte das águas para outras bacias, e vice-versa, deve ser analisada, se houver evidências que justifiquem esta solução.

3.5. RELATÓRIO DE PLANEJAMENTO DOS ESTUDOS

Deverá ser elaborado um relatório técnico-gerencial que contenha uma previsão dos resultados a serem atingidos e os recursos necessários para a consecução dos objetivos. De modo a orientar as diversas fases dos Estudos de Inventário (Estudos Preliminares, Estudos Finais e Avaliação Ambiental Integrada), este relatório deverá conter:

- A avaliação do potencial energético.
- A avaliação das restrições e limitações impostas aos prováveis aproveitamentos.
- O programa de trabalho contemplando as atividades, prazos e custos.

3.5.1 Aspectos Socioambientais e de Recursos Hídricos

Os dados socioambientais e de recursos hídricos coletados e as análises realizadas deverão ser consolidados e relatados em item específico desse relatório, compreendendo:

- A caracterização preliminar socioambiental da bacia hidrográfica.
- A caracterização preliminar dos usos múltiplos dos recursos hídricos e do uso do solo, destacando os problemas e conflitos existentes e potenciais.
- As restrições e limitações impostas aos prováveis aproveitamentos.
- Os mapas temáticos.
- O mapa-síntese.

3.5.2 Programa de Trabalho a Executar e Estimativa de Custos

Com base nos dados levantados e nas alternativas de divisão de queda pré-formuladas, determina-se a envoltória das áreas dos reservatórios e os locais barráveis. A partir desse material deve-se elaborar uma proposta listando e descrevendo os serviços que deverão ser executados para atender os procedimentos contidos nas diversas fases dos Estudos de Inventário (Estudos Preliminares, Estudos Finais e a Avaliação Ambiental Integrada), a saber:

- Definição da área de estudo a ser considerada, conforme item 2.3.1.
- Definição das especificações e estimativa da quantidade dos levantamentos cartográficos.
- Definição da quantidade e localização de novas estações fluvio-sedimentométricas e pluviométricas.
- Estimativa da quantidade de levantamentos topo-batimétricos.
- Estimativa dos tipos e quantidade de investigações geológicas e geotécnicas.
- Estimativa da quantidade de medições de vazões líquida e sólida.
- Identificação dos levantamentos complementares e dos estudos, de forma a atender aos conteúdos definidos na formulação dos componentes-síntese, conforme item 4.3.

- Indicação dos levantamentos a serem realizados para a estimativa dos custos socioambientais, conforme itens 4.10.1 e 5.7.1.
- Estimativa de custo para realização de reunião técnica e seminário público para divulgação dos resultados.

Caso a bacia não possua uma rede fluviométrica adequada e/ou se constate um intenso processo de transporte de sedimentos, é necessário que se programe a instalação de uma rede complementar e campanhas hidrossedimentométricas para os estudos. Recomenda-se que as campanhas sejam desenvolvidas durante os Estudos Preliminares, para que seus resultados estejam disponíveis no início dos Estudos Finais de Inventário.

Deve ser dada especial atenção à programação de estudos que necessitem de prazos longos de observação (por exemplo, variáveis sujeitas a variações estacionais), de condições especiais para sua realização (por exemplo, apoio logístico, testes laboratoriais), de forma que os resultados estejam disponíveis em tempo hábil.

Finalmente, a partir da estimativa de serviços a se executar, obtém-se os cronogramas, custos, recursos humanos, equipamentos, estrutura e logística necessários. A equipe técnica deve ser definida para cada tarefa ou atividade, indicando a capacitação requerida para a sua execução.

3.6 BIBLIOGRAFIA

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução n. 396 de 4 de dezembro de 1998.
- CARVALHO, Newton de Oliveira. *Hidrossedimentologia Prática*.
- CPRM e ELETROBRÁS. *Centrais Elétricas Brasileiras S.A.* Rio de Janeiro, 1995.
- CEMIG. *Manual de Hidrometria*, 3v. Belo Horizonte, 1965.
- ELETROBRÁS. *Diagnóstico das condições sedimentológicas dos principais rios brasileiros*. Rio de Janeiro, 1992.
- ELETROBRÁS. *Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas*, 1997.
- NORMA TÉCNICA DA CARTOGRAFIA NACIONAL. Decreto n. 5.334 de 6 de janeiro de 2005.
- WMO. *Guide to Hydrological Practices*. Geneva, Switzerland, 1994.
- YUQUIAN, Long. *Operational Methods for Measurement of Sediment Transport*. WMO. Geneva, Switzerland, 1983.



capítulo 4

Estudios Preliminares

CAPÍTULO 4

4.1	LEVANTAMENTO DE DADOS E ESTUDOS DIVERSOS	83
4.1.1	Cartografia	83
4.1.2	Hidrometeorologia	85
4.1.3	Geologia e Geotecnia	89
4.1.4	Meio Ambiente	90
4.2	USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA	92
4.2.1	Diagnóstico dos Usos Múltiplos da Água	92
4.2.2	Cenário de Usos Múltiplos da Água na Bacia	93
4.3	DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL	97
4.3.1	Processos e Atributos Físicos	100
4.3.2	Componente-síntese: Ecossistemas Aquáticos	103
4.3.3	Componente-síntese: Ecossistemas Terrestres	108
4.3.4	Componente-síntese: Modos de Vida	111
4.3.5	Componente-síntese: Organização Territorial	115
4.3.6	Componente-síntese: Base Econômica	120
4.3.7	Componente-síntese: Populações Indígenas/Populações Tradicionais	124
4.4	FORMULAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE DIVISÃO DE QUEDAS	128
4.5	FICHA TÉCNICA DOS APROVEITAMENTOS	129
4.6	ESTUDOS ENERGÉTICOS	130
4.6.1	Energia Firme de um Aproveitamento	130
4.6.2	Energia Firme de uma Alternativa	132
4.6.3	Ganho de Energia Firme	132
4.6.4	Otimização de Volumes Úteis	133
4.6.5	Potência Instalada	133
4.6.6	Tempo de Reenchimento dos Reservatórios	133
4.7	CONCEPÇÃO E ARRANJO DOS APROVEITAMENTOS	135
4.8	AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NEGATIVOS POR APROVEITAMENTO	136
4.8.1	Identificação dos Processos Impactantes	136
4.8.2	Avaliação do Impacto Socioambiental Negativo	137
4.8.3	Ecossistemas Aquáticos	139
4.8.4	Ecossistemas Terrestres	142
4.8.5	Modos de Vida	143
4.8.6	Organização Territorial	145
4.8.7	Base Econômica	149
4.8.8	Populações Indígenas/Populações Tradicionais	151
4.9	ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS	154
4.9.1	Conceituação	154
4.9.2	Orçamento em Nível Preliminar de Inventário	154
4.10	DIMENSIONAMENTO E ESTIMATIVAS DE CUSTOS	155
4.10.1	Terrenos, Servidões, Relocações e outras Ações Ambientais (Conta .10)	155
4.10.2	Estruturas e outras Benfeitorias (Conta .11)	157
4.10.3	Desvio do Rio (Conta 12.16)	158
4.10.4	Barragens (Conta .12.17)	159
4.10.5	Vertedouros (Conta .12.18)	161
4.10.6	Tomada de Água e Adutoras (Conta .12.19)	163
4.10.7	Turbinas e Geradores (Conta .13)	170
4.10.8	Equipamento Elétrico Acessório (Conta .14)	172
4.10.9	Diversos Equipamentos da Usina (Conta .15)	173
4.10.10	Estradas e Pontes (Conta .16)	173
4.10.11	Custo Direto Total	174
4.10.12	Custos Indiretos (Conta .17)	174
4.10.13	Custo Total sem Juros	174
4.10.14	Juros Durante a Construção (Conta .18)	174
4.11	COMPARAÇÃO E SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS	175
4.11.1	Índice Custo-benefício Energético	175
4.11.2	Índice Socioambiental Negativo	177
4.11.3	Seleção das Alternativas	181
4.12	BIBLIOGRAFIA	184

Nesta fase dos trabalhos, são estudadas as possíveis alternativas de divisão de queda para o aproveitamento do potencial hidroelétrico existente, fazendo-se sua avaliação preliminar e estimando-se os custos e impactos socioambientais associados à sua utilização, de forma expedita e com base em dados secundários. São realizados, também, os levantamentos de dados básicos e estudos diversos, planejados na fase anterior, visando, além de subsidiar a análise preliminar das alternativas, fornecer às informações necessárias aos Estudos Finais de Inventário. Além da identificação das alternativas de divisão de queda, cada aproveitamento estudado tem sua ficha técnica elaborada, seu arranjo preliminarmente definido, bem como o dimensionamento e estimativa de custos de sua implantação. A partir dos resultados dos Estudos Energéticos, e levantamentos dos usos múltiplos e socioambientais, juntamente com os custos estimados, será realizada a seleção preliminar das alternativas com o objetivo de aprofundar os estudos na fase seguinte apenas para aquelas mais atrativas. Ao final dessa etapa será realizada uma reunião técnica para apresentação dos seus resultados (item 2.9).

Os Estudos Socioambientais a serem realizados têm como objetivo principal incorporar os aspectos socioambientais no decorrer de toda esta etapa, de modo a:

- Subsidiar a formulação das alternativas de divisão de queda e a concepção dos aproveitamentos, pelo conhecimento das principais questões socioambientais.
- Fornecer as informações necessárias para a estimativa dos custos socioambientais (quantitativos e preços unitários correspondentes), pelo conhecimento prévio dos prováveis impactos socioambientais negativos associados a cada aproveitamento e a cada uma das alternativas em análise.
- Possibilitar a obtenção de um índice de impacto socioambiental negativo para cada uma das alternativas, para apoiar a sua comparação dentro de um enfoque multiobjetivo e a seleção daquelas que irão ser objeto de análise nos Estudos Finais.
- Possibilitar a identificação de áreas de sensibilidade, visando a indicação de áreas críticas para implantação dos futuros empreendimentos e, também, de áreas que apresentam potencialidades socioeconômicas a serem indicadas na AAI.

A metodologia de avaliação de impactos socioambientais desenvolvida para esta etapa está explicitada ao longo deste capítulo, tendo em vista promover sua articulação com os Estudos Energéticos e de Engenharia. Os estudos se desenvolvem em três fases principais: diagnóstico socioambiental, avaliação de impactos por aproveitamentos e composição do índice de impacto socioambiental negativo das alternativas. Esta metodologia está implementada no Sistema Computacional SINV. Os dados gerados em cada uma destas etapas podem ser armazenados neste sistema, para serem utilizados na composição dos índices socioambientais a serem aplicados na comparação e seleção das alternativas ao final dos Estudos Preliminares.

Durante o diagnóstico socioambiental são geradas as informações básicas relativas à área de estudo, direcionadas pelos componentes-síntese e seus elementos de caracterização. Os procedimentos para sua realização estão apresentados nos itens Levantamento de Dados e Estudos Diversos (item 4.1) e Diagnóstico Socioambiental (item 4.3). Os resultados das análises serão consolidados em mapas por componente-síntese, onde deverão constar as áreas de sensibilidade, bem como áreas com potencialidades socioeconômicas que poderão ser promovidas com a contribuição dos empreendimentos a serem implantados. Essas informações servirão de base para a formulação das alternativas de divisão de queda e para a análise dos aproveitamentos das alternativas.

De acordo com a metodologia aplicada, inicialmente, todos os aproveitamentos em consideração para a bacia são estudados isoladamente, ou seja, cada aproveitamento é avaliado sem levar em conta a implantação dos demais. A identificação, previsão e avaliação dos impactos e respectiva atribuição de índices de impacto serão realizadas para cada aproveitamento e por componente-síntese. Os procedimentos estão descritos no item Avaliação dos impactos socioambientais negativos por aproveitamento (item 4.8). Apresentam-se também os indicadores de impacto e os elementos de avaliação a serem con-

siderados na avaliação de impactos sobre cada componente-síntese. As informações geradas relativas aos impactos subsidiarão a estimativa dos custos socioambientais (item 4.10.1).

Os procedimentos relativos à obtenção dos índices de impacto socioambiental negativo de cada alternativa encontram-se descritos no item Índice Socioambiental Negativo (item 4.11.2). Para tanto, devem ser combinados, em primeiro lugar, os índices relativos aos aproveitamentos por componente-síntese para obter o índice de impacto por alternativa sobre cada componente-síntese. Em seguida, pela combinação destes, obtém-se o índice de impacto da alternativa sobre o sistema socioambiental, que consolida a avaliação socioambiental da alternativa, representando o seu desempenho quanto ao atendimento do objetivo “minimizar o impacto socioambiental negativo”.

4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS E ESTUDOS DIVERSOS

4.1.1 Cartografia

Para a obtenção de cartas topográficas e levantamentos topográficos para fins de apoio aos Estudos de Inventário, é obrigatório que as amarrações planimétricas e altimétricas sejam efetuadas a partir de marcos geodésicos e de Referências de Nível do Sistema Geodésico Brasileiro, definidos pelo IBGE. As formas compatíveis devem ser adotadas com os padrões de precisão para o transporte de coordenadas para os marcos a serem implantados nos locais de interesse.

Deverão ser observados os seguintes documentos, ou seus substitutivos:

- “Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos”, aprovadas pela Resolução PR nº 22, de 21.07.83, do IBGE, e homologadas pela Resolução COCAR 02/83, de 14.07.83, publicada no D.O. de 27.07.83.
- “Especificações e Normas Gerais para Levantamentos GPS: Versão Preliminar”, aprovadas pela Resolução nº 05 de 31 de março de 1993 da Presidência do IBGE, e que passaram a complementar o Capítulo II das Especificações e Normas para Levantamentos Geodésicos da RPR-22 de 21.07.83.
- “Padronização de Marcos Geodésicos: Instrução Técnica”, aprovadas através da Norma de Serviço NS-DGC 001/2005, de janeiro de 2006, da Diretoria de Geociências do IBGE.
- Norma ABNT NBR 13.133 – “Execução de levantamento topográfico”, de 30.06.94.
- Norma ABNT NBR 14.166, de 01.08.98 – “Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimento”.
- Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional, estabelecidas pelo Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984, publicado no D.O.U. de 22 de junho de 1984 e alterações subsequentes, constantes do Decreto nº 5.334, de 6 de janeiro de 2005, que altera a redação do art. 21 dessas Instruções.
- Resolução do IBGE – RPR – 1/2005, de 25 de fevereiro de 2005, que altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro, definindo o SIRGAS2000 como seu referencial.
- Portaria Ministerial 121/MB, de 23 de abril de 2003 – Instruções para Controle dos Levantamentos Hidrográficos pela Marinha do Brasil.

Os métodos recomendados para a obtenção da base cartográfica a ser utilizada são:

- Aerofotogrametria.
- RADAR Interferométrico.
- Perfilamento a LASER.
- Imageamento por Satélites.
- Levantamentos Topográficos.

Os métodos acima, isolados ou combinados, devem conduzir os resultados do mapeamento a obtenção de produtos cartográficos compatíveis com os usos e necessidades do Estudo de Inventário a ser realizado. Deverão atender às especificidades da região dos estudos, levando-se em consideração principalmente os seguintes aspectos:

- Cobertura vegetal: Bioma característico, culturas, pastagens etc.

- Topografia: Região, em sua maioria acidentada ou plana.
- Altura média prevista para as barragens.
- Interferências: Cidades, agrupamentos urbanos, estradas, ferrovias, áreas indígenas, unidades ambientais etc.

Deve ser considerado quanto à sua exatidão e detalhamento, o seguinte:

Carta Topográfica, com escala de levantamento de 1:10.000, com curvas de nível eqüidistantes de 5m, com Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) que a classifique como Carta Classe A pela Norma Cartográfica Brasileira. Em casos de regiões muito extensas, ou onde for tecnicamente justificável, poderão ser utilizadas escalas até 1:25.000 com curvas de nível espaçadas de 10m. Em casos de aproveitamentos de baixa queda (aproximadamente 20m), deverá ser utilizada escala de levantamento de 1:5.000 com curvas de nível eqüidistantes, em no máximo, 5m.

Atendendo às especificidades de seu uso final, esse produto deverá dar especial atenção à hidrografia, contemplando, entre outras, a correta identificação (toponímia) do curso principal da bacia mapeada e seus afluentes, evidenciando seus pontos de alteração de declividade, estreitamentos, gargantas, corredeiras e quedas d'água, bem como das obras de arte a eles associadas ou marginais.

O detalhamento altimétrico deverá buscar a melhor representação do relevo, com especial atenção para os detalhes capazes de alterar os resultados dos perfis dos cursos d'água, o cálculo do volume dos reservatórios e a avaliação das interferências físicas dos futuros reservatórios na paisagem. Para a obtenção desse objetivo, devem ser consideradas as seguintes recomendações:

- Aplicação de pontos cotados em todos os cumes das elevações, fundos de depressões, selas topográficas e áreas significativamente planas do terreno (cuja extensão seja superior a 2cm na escala da carta).
- Aplicação de pontos cotados do nível d'água ao longo do perfil dos rios, em especial nos pontos de quebra de declividade, tais como início e final de corredeiras, topo e pé de cachoeiras, lagos e reservatórios artificiais e, sempre que visível, nos pontos de confluência com os principais afluentes.
- Aplicação de pontos cotados em obras de engenharia tais como tabuleiros de pontes, crista e pé de barragens, atracadouros de portos, estradas e ferrovias que cruzam ou seguem paralelas aos cursos d'água etc.
- Traçado de curvas suplementares com meia eqüidistância sempre que a declividade do terreno gere curvas de nível com separação horizontal superior a 2cm na escala da carta ou onde ocorrer quebra de declividade, como bordas de chapadas, precipícios etc.

Os trabalhos de campo que necessitem dados mais precisos deverão ser executados por levantamentos topográficos específicos. A seguir, a relação dos principais levantamentos a serem executados dessa forma:

- Perfil longitudinal: compreende a determinação das coordenadas planialtimétricas dos níveis d'água (NA's) no rio e principais afluentes, e outros elementos naturais ou artificiais importantes para o desenvolvimento dos estudos. O desenho do perfil deverá ser referenciado a uma mesma data, para uniformidade das vazões, contendo as distâncias acumuladas a partir da foz e as cotas de cada elemento importante. Visando minimizar os erros ao longo do processo de tomada de dados, o levantamento deve ser realizado preferencialmente durante o período de estiagem, registrando-se as datas e os horários de obtenção de cada NA.

A seguir, a relação dos NA's dos principais elementos a serem levantados:

- Cristas e pé de cada cachoeira e corredeira.
- Foz dos afluentes.
- Limites de Unidades de Conservação e Terras Indígenas.
- Pontes, com determinação das coordenadas das cabeceiras e tabuleiros.

- Travessias de balsa.
- Núcleos populacionais, garimpos etc.
- Réguas limnimétricas.
- Linhas de Transmissão, determinando-se as coordenadas das torres próximas. Caso haja indicação, informar a tensão da LT.
- Outros julgados importantes.
- Seções topobatimétricas no alinhamento dos eixos previstos, com seções transversais, onde necessário, para que configurem a morfologia das ombreiras e áreas adjacentes de modo a subsidiar os estudos de arranjo.
- Amarrações de investigações geológico-geotécnicas e hidrológicas.

Esses levantamentos deverão obedecer às especificações de nivelamento Classe IIIN e planimetria IVP, da Norma 13.133 da ABNT. Deverá ser fornecida a relação de todos os pontos levantados, com suas coordenadas planialtimétricas e data de levantamento.

Produtos Finais

Para cada local considerado e a partir das informações topográficas disponíveis, devem ser preparadas:

- As respectivas curvas cota x área e cota x volume dos reservatórios de cada sítio contemplado nas divisões de queda, para subsidiar os estudos energéticos, de usos múltiplos da água e socioambientais.
- A amarração planialtimétrica das investigações geológico-geotécnicas, postos hidrométricos e pontos de interesse indicados nos estudos socioambientais realizados.
- O cálculo das áreas de drenagem em todos os postos fluviométricos, em cada sub-bacia de interesse e nos locais dos aproveitamentos.

4.1.2 Hidrometeorologia

Os estudos hidrometeorológicos iniciam-se, já nesta fase, de modo a dispor de informações consistidas e homogêneas para toda a bacia no início dos Estudos Finais do Inventário e, também, para fornecer informações com precisão suficiente para a formulação e seleção preliminar das alternativas de divisão de queda, ao longo dos Estudos Preliminares do Inventário.

Os estudos hidrometeorológicos a serem realizados têm, portanto, o objetivo de caracterizar os elementos necessários à estimativa do potencial energético e ao dimensionamento das estruturas.

Esses elementos relacionados à estimativa do potencial energético são as séries de vazões naturais médias mensais e os níveis de água normais característicos nos locais de barramento.

Caracterização Fisiográfica e Climatológica da Bacia

A fim de permitir a caracterização da bacia, deverão ser definidos, além de sua localização, vários aspectos fisiográficos de interesse geral, tais como área, perímetro, curva hipsométrica, forma da bacia, densidade de drenagem, declividade do rio, cobertura vegetal, características pedológicas, uso atual da terra e orografia, dentre outros.

A definição de alguns desses aspectos auxiliará na interpretação de resultados de estudos hidrológicos previstos, tendo em vista a identificação de características que influenciam diretamente no comportamento hidrometeorológico da bacia e, conseqüentemente, no regime fluvial e hidrossedimentológico do curso d'água principal.

Deverão ser consideradas informações sobre os parâmetros meteorológicos mais característicos, ou seja, precipitação, temperatura, umidade, radiação, vento, evaporação, pressão e outros que se apresentem relevantes, para a caracterização climática da região em estudo.

Evaporação Líquida

A implantação de reservatórios nos cursos d'água altera o balanço hídrico. Na área alagada pelo reservatório ocorre a substituição do efeito de evapotranspiração pelo efeito de evaporação.

Para cada mês do ano, deve ser determinado um valor mensal de evaporação líquida, constituindo-se assim um vetor anual com 12 valores expressos em milímetros.

Nos Estudos de Inventário, devem ser calculadas as taxas de evaporação líquida em cada reservatório. A evaporação líquida é obtida pela diferença entre a evaporação real no reservatório e a evapotranspiração real na área do reservatório, antes da sua implantação. Para os aproveitamentos do Sistema Interligado Nacional (SIN), a estimativa da evaporação líquida é feita pela utilização da metodologia adotada no Sistema de Avaliação da Evaporação Líquida dos Reservatórios – SisEvapo.¹ Nos aproveitamentos do semi-árido nordestino, a evaporação real no lago tem sido obtida a partir dos dados coletados em tanques evaporimétricos e a evapotranspiração real na área do reservatório estimada pelo método do balanço hídrico (ONS, 2004).

O sistema SisEvapo vem sendo estendido para as demais bacias do País. Recomenda-se sua utilização para os reservatórios localizados em bacias para as quais o sistema SisEvapo esteja preparado para o cálculo da evaporação líquida. As informações necessárias para a utilização do sistema devem constar do relatório final do estudo. Para as bacias em que o sistema ainda não esteja adaptado, a metodologia adotada deve ser descrita no relatório final do estudo, juntamente com as informações utilizadas.

A evaporação líquida deve ser calculada para todos os aproveitamentos da bacia, inclusive os existentes. A evaporação líquida será utilizada para o cálculo das vazões naturais médias mensais (no caso dos aproveitamentos existentes) e nos estudos energéticos.

Séries de Vazões nas Estações Fluviométricas

A seleção das estações fluviométricas para o desenvolvimento dos estudos hidrológicos deve levar em consideração a sua localização na bacia, o período de observação, a existência de falhas de dados, a consistência dos dados e das curvas-chave e a densidade de estações na bacia.

Deverão ser consideradas as observações de cotas limnimétricas e de medições de descargas líquidas para a determinação de curvas-chave e a geração de séries de descargas médias, diárias e mensais.

Na falta ou insuficiência de dados fluviométricos, poderá ser utilizada uma modelagem hidrometeorológica da bacia, visando à geração, o preenchimento de falhas e/ou a extensão das séries de vazões naturais nas estações. Em situações extremas, quando os dados básicos de estações na bacia forem insatisfatórios, podem ser utilizadas estações situadas em bacias com comportamento hidrológico semelhante.

Alterações verificadas em curvas-chave e áreas de drenagem nas estações da rede oficial deverão ser comunicadas aos órgãos competentes, acompanhadas de justificativa técnica detalhada.

Séries de Vazões Naturais Médias Mensais

As vazões naturais são aquelas que ocorreriam em uma seção do rio se não houvesse as ações antrópicas na bacia a montante dessa seção. São exemplos dessas ações, a regularização do curso d'água pela operação de reservatórios, as transposições de vazões e as captações e lançamentos para usos diversos.

1 CEHPAR/LACTEC. *Programa SisEvapo v2.0. Relatório Técnico*. Curitiba, 63 páginas. O sistema SisEvapo pode ser obtido junto ao MME.

Para cada local de barramento em estudo, deverá ser determinada uma série de vazões naturais médias mensais, que deverá ser derivada da série de vazões de um ou mais postos fluviométricos situados no mesmo curso d'água ou na mesma bacia hidrográfica.

As séries de vazões naturais médias mensais nos locais de aproveitamento devem compreender o período de anos desde 1931 até, no mínimo, dois anos antes da conclusão dos Estudos do Inventário, mesmo para bacias hidrográficas cujos aproveitamentos ainda não estejam conectados ao Sistema Interligado Nacional – SIN.

A determinação da série de vazão natural média mensal de cada aproveitamento deve considerar os valores estimados para usos consuntivos (item 4.2.1) e, quando for o caso, a influência decorrente da operação e do efeito da evaporação líquida nos reservatórios. Os valores da série mensal de usos consuntivos deverão ser obrigatoriamente somados aos valores da série de vazão natural média mensal até então obtida.

As séries hidrológicas dos aproveitamentos inventariados devem ser comparadas com as séries dos demais aproveitamentos situados na bacia hidrográfica, a jusante e a montante, permitindo a identificação e a conseqüente correção de incrementais negativas ou contribuições intermediárias incompatíveis.

A metodologia utilizada para a determinação das séries deverá ser especificada, contendo, para cada período, a descrição de como foram obtidos os valores das vazões. No caso de necessidade de preenchimento de falhas de dados nas séries dos postos fluviométricos, a metodologia deve especificar os estudos realizados e discriminar os meses que tiveram seus valores preenchidos.

Estudos do Regime de Vazões Mínimas

A avaliação das vazões mínimas é necessária tendo em vista a utilização desses valores nos estudos relacionados ao enchimento, à operação dos reservatórios e à definição de descargas a jusante, com a finalidade de atender os usos múltiplos da água e as necessidades ambientais.

O regime de vazões mínimas deve ser avaliado a partir da análise estatística das vazões médias diárias. Podem ser apresentadas curvas de permanência para a identificação de valores característicos e calculadas as probabilidades de ocorrência e tempo de duração das vazões.

Na falta de dados, as vazões podem ser estimadas por correlação com bacias hidrologicamente semelhantes, das quais se conheçam os dados, ou por análise aproximada da relação precipitação-deflúvio.

Estudos de Cheia

Os valores necessários ao dimensionamento das estruturas restringem-se, nesta fase, às vazões de enchente associadas ao dimensionamento de vertedouros e obras de desvio. Estes valores devem ser avaliados a partir da análise estatística de vazões diárias extremas, sempre que existirem registros confiáveis desses dados. Na falta dessas informações, os parâmetros requeridos podem ser estimados por correlação com bacias semelhantes, das quais se conheçam os dados, ou por análise aproximada da relação precipitação-deflúvio.

A cheia de projeto para o dimensionamento do vertedouro deve ser uma vazão associada a um período de recorrência de 10.000 anos. Para as obras de desvio, é usual adotar-se valores correspondentes a vazões com 25, 50 e 100 anos de período de recorrência. Como sugestão, pode-se usar a distribuição de extremos: Exponencial de dois parâmetros e Gumbel para a determinação dos valores de cheia.

Curva-chave no Canal de Fuga

Já nessa fase de Estudos Preliminares, será necessária a programação de levantamentos de campo para as medições de descarga, inspeção de estações fluviométricas, instalação de réguas limnimétricas e levantamentos topobatimétricos, visando obter os dados relativos à curva-chave no canal de fuga que será utilizada na etapa dos Estudos Finais.

Na inexistência de informação mais precisa, nos Estudos Preliminares deverá ser estimado um nível da água no canal de fuga de cada aproveitamento, admitindo-se esse nível como o correspondente à vazão 10% superior à média ocorrida durante o período crítico, ou o nível d'água máximo normal do reservatório de jusante, se este nível for mais elevado.

Estudos de Transporte de Sedimentos e de Assoreamento nos Reservatórios

Os dados, informações e estudos existentes servirão para que seja efetuada a avaliação do assoreamento de volumes característicos do reservatório e a previsão da vida útil do aproveitamento, bem como para se estudar quais as providências de controle de sedimentos que serão necessárias.

Uma vez obtidos os dados, os passos seguintes para a avaliação do assoreamento incluem a determinação do deflúvio sólido médio anual no local do aproveitamento, a obtenção da eficiência de retenção de sedimentos no reservatório e a avaliação do peso específico aparente.

O valor do deflúvio sólido médio anual (D_{st}) no local da barragem corresponde à soma da carga em suspensão e de arrasto. Deve-se lembrar que essa descarga de fundo ou de arrasto, em geral, não sai do reservatório pelo vertedouro ou por processos de escoamento normal. Assim, a avaliação da descarga de fundo é fundamental, principalmente no caso de médios e pequenos reservatórios.

No País, normalmente são medidas apenas as descargas em suspensão. Portanto, a descarga sólida total deverá ser determinada considerando um coeficiente que leva em conta a descarga de fundo. Este coeficiente deve ser arbitrado de acordo com a experiência adquirida em outros estudos.

A série de descargas sólidas pode ser apresentada em valores diários ou eventuais. No caso de dados eventuais, traça-se uma curva-chave de sedimentos, onde a descarga sólida é função da descarga líquida.

Na falta de dados sedimentológicos, pode-se adotar um valor avaliado por processo de regionalização. A publicação “Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios”² contém procedimentos de cálculo de regionalização. De maneira geral, a metodologia recomenda que dados da descarga sólida em suspensão média anual de estações fluviométricas localizadas na própria bacia e/ou bacias vizinhas podem ser utilizados em uma análise a partir de correlação com as respectivas áreas de drenagem. A regionalização sedimentológica requer cautela, pois é uma ferramenta que exige confirmação com medições no local.

Recomenda-se a avaliação de uma taxa anual da evolução da quantidade de material sólido transportado ao longo da vida útil do empreendimento (50 anos) a fim de prever possível alteração na produção de sedimentos na bacia devido ao efeito de ações antrópicas.

O valor da eficiência de retenção de sedimentos (E_r) no reservatório é definido pela razão entre a descarga sólida que fica retida no reservatório e a descarga total afluyente.

O peso específico aparente (γ_{ap}) de depósitos em reservatório varia com o tempo devido à compactação pelo peso da água e pelo peso do próprio sedimento. Para a determinação do valor de γ_{ap} é necessário o conhecimento da granulometria do material transportado.

Uma vez obtidos o deflúvio sólido médio anual – D_{st} (t/ano), a eficiência de retenção de sedimentos – E_r e o peso específico aparente – γ_{ap} (t/m³), o volume anual de sedimentos, S_a (m³/ano) pode ser calculado pela fórmula:

$$S_a = \frac{D_{st} \times E_r}{\gamma_{ab}} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (4.1.2.01)$$

2 Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios, ANEEL, 2000

O tempo de assoreamento, T_a (ano), de um volume de referência de assoreamento, V (m^3) do reservatório, pode ser calculado como:

$$T_a = \frac{V}{S} = \frac{V \times \gamma_{ap}}{D_{st} \times E_r} \quad (\text{ano}) \quad (4.1.2.02)$$

Para fins desse Manual, volume de referência de assoreamento é o volume correspondente à maior cota da soleira da tomada de água ou da soleira do canal de adução ou à cota superior da estrutura prevista para contenção de sedimentos, quando houver.

■ Vida útil do aproveitamento

A vida útil do aproveitamento hidroelétrico é considerada para um tempo limite tal que o depósito de sedimentos não venha a perturbar a geração de energia. Isso ocorre quando os depósitos de sedimentos esgotam o volume de referência de assoreamento.

Nos Estudos de Inventário, adota-se calcular o volume de sedimentos para o dobro da vida útil do aproveitamento. Normalmente este tempo é de 50 anos, sendo que se calcula o volume de sedimentos para 100 anos. Assim,

$$S_{100} = 100 \times S_a \quad (m^3/\text{ano}) \quad (4.1.2.03)$$

O volume de sedimentos em 100 anos é comparado com o volume de referência de assoreamento. O volume de sedimentos calculado deve ser menor do que o volume de referência de assoreamento. Caso contrário, deverão ser previstas soluções que minimizem o acúmulo de sedimentos no reservatório.

Efeitos no Transporte de Sedimentos a Jusante dos Barramentos

Os efeitos erosivos a jusante de um barramento serão função, principalmente, da mudança do regime de vazão, da diminuição da carga sólida transportada e da granulometria do material do leito a jusante. Caso esse material seja de granulometria mais grossa, os sedimentos mais finos que efluem do barramento serão transportados mais para jusante, e restará uma camada de material mais grosso, chamada de “armadura” ou “encouraçamento” de comportamento praticamente estável. Caso a granulometria do leito a jusante seja fina, os sedimentos serão transportados em maior quantidade para jusante, até que ocorra o estabelecimento de uma nova “declividade estável” para o leito.

Algumas fórmulas e modelos estão disponíveis no Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios para a avaliação da degradação que o leito sofrerá, a partir do diâmetro da “armadura” ou do comprimento da “declividade estável”.

Controle de Sedimentos

Havendo necessidade de projetar estruturas de controle de sedimentos, essas deverão ser analisadas e dimensionadas, de forma interativa, no momento da definição dos arranjos (itens 4.7 e 5.5).

4.1.3 Geologia e Geotecnia

O objetivo dos estudos geológicos e geotécnicos é subsidiar o posicionamento de locais prováveis de barramento e estruturas associadas, bem como os estudos socioambientais.

Serviços

Na faixa de interesse dos futuros reservatórios deve-se realizar fotointerpretação geológica, a partir de imagens de radar, de satélite e de fotos aéreas, com o objetivo de complementar ou elaborar os mapas geológicos e geomorfológicos. Se necessário, deve-se inspecionar as áreas dos futuros reserva-

tórios, por via fluvial, aérea ou terrestre, procurando-se consolidar os dados em mapas temáticos que identifiquem:

- As condições geológicas e geomorfológicas gerais.
- As áreas com riscos à erosão, identificando as atuais fontes de erosão.
- As áreas com riscos à instabilidade de encostas.
- As áreas de recursos minerais, inclusive garimpos.
- As áreas de risco de estanqueidade.
- As áreas de risco de abalos sísmicos naturais ou induzidos na área em estudo.

Nesta fase, o reconhecimento geológico geral da região de influência do aproveitamento deve ser completado visando subsidiar adequadamente fases futuras de estudo.

Os principais parâmetros geológicos e geotécnicos a serem contemplados nos locais de barramento para dimensionamento e para as estimativas preliminares de custo das obras são:

- A cobertura média de solo até o topo rochoso.
- O tipo de rocha predominante.
- As características gerais das fundações.
- A disponibilidade de materiais naturais de construção, tais como pedreiras; saibreiras; jazidas de solo; fontes de areia natural; e depósitos de cascalhos.
- A suscetibilidade a escorregamentos de encostas.
- A avaliação preliminar de potencial de assoreamento da área de influência do reservatório.
- A avaliação do grau de intensidade da atividade mineral, tanto a montante quanto a jusante da área de influência do reservatório.

De particular importância para as estimativas de custo das obras do barramento são as avaliações feitas sobre as condições da fundação. A investigação das fundações deve ser feita, inicialmente, a partir de visitas de reconhecimento e da análise da geologia superficial. Com base nas conclusões dessa análise e nas idéias preliminares de disposição das estruturas do aproveitamento, podem ser executados levantamentos expeditos que visem a confirmação das hipóteses formuladas. Dentre outros, podem ser executados programas como sondagens a trado ou poços de inspeção. Os resultados são apresentados na forma de seções geológico-geotécnicas para cada sítio de barramento.

As estimativas de disponibilidade dos materiais naturais de construção – jazidas de areia e cascalho, solo e rocha – são associadas a indicações sobre sua localização, qualidade e volume.

Para os locais selecionados, deverão ser programadas investigações complementares para as fases subsequentes dos estudos.

4.1.4 Meio Ambiente

O levantamento de dados e informações socioambientais deve ser complementar ao realizado na etapa de Planejamento dos Estudos (Capítulo 3), de forma a atender aos conteúdos dos componentes-síntese selecionados para representar o sistema socioambiental, subsidiando a análise dos impactos negativos e positivos e as necessidades dos estudos de Avaliação Ambiental Integrada.

Os dados básicos requeridos encontram-se indicados por componente-síntese no item 4.3. Essas informações são tanto de natureza quantitativa quanto qualitativa. Na sua grande maioria, os dados neces-

sários encontram-se disponíveis em fontes secundárias (bancos de dados oficiais, universidades, centros de pesquisas, entre outros). Destaca-se, entretanto, que, para alguns elementos e/ou componentes e em algumas regiões, os dados secundários deverão ser objeto de aferição de campo ou por meio de imagens de satélite, fotos aéreas existentes ou outros métodos disponíveis, quando não forem suficientes para a composição do quadro regional requerido pelas análises e se referirem aos aspectos indispensáveis para o desenvolvimento dos estudos.

Para os casos em que o levantamento de campo é requerido com o objetivo de se obter uma visão qualitativa e quantitativa de determinado aspecto considerado, este só deve ser realizado após pesquisa com base em dados secundários, de modo que se possa constituir um quadro situacional suficiente para as análises e orientador do trabalho de campo necessário. Neste sentido, esse trabalho deverá priorizar questões anteriormente identificadas como relevantes para a produção do conhecimento desejado.

Observa-se ainda que, para a composição do quadro regional relativo a cada componente envolvendo aspectos quantitativos e qualitativos, torna-se necessário um trabalho analítico e de natureza interpretativa, que implica necessariamente na inclusão de profissionais de nível sênior na equipe.

Considera-se fundamental que, desde esta fase de levantamentos, a equipe contratada desenvolva o trabalho de modo integrado e dentro de uma perspectiva interdisciplinar, tendo em vista favorecer a construção dos componentes-síntese pelo estabelecimento de inter-relações entre os elementos do sistema socioambiental.

As variáveis e parâmetros que permitem a caracterização socioambiental variam no tempo e no espaço em uma bacia hidrográfica. Para a identificação dos aspectos socioambientais e sua visão integrada é necessário estabelecer uma escala apropriada para uma representação que englobe a maioria dos indicadores.

A escala de estudo deverá permitir uma visão de conjunto dos aproveitamentos objeto da análise. Poderão ser utilizadas escalas diferentes destas para a análise temática e aspectos relevantes, a partir das cartas oficiais disponíveis, que subsidiarão uma visão de conjunto. Os dados e informações deverão ser compatíveis com a escala do estudo, devendo ser elaborados mapas temáticos, na escala adequada, para os aspectos socioambientais relevantes e de avaliação local (subdivisão de bacia, por exemplo).

Neste sentido, a escala a ser adotada para a análise dos dados deve ser adequada para uma visão de conjunto da bacia. Para a representação dos resultados podem ser adotadas outras escalas dependendo do tema a ser representado.

As informações espacializadas devem ser armazenadas em um sistema de informações geográficas, compatível com o banco de dados do poder concedente.

4.2 USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA

4.2.1 Diagnóstico dos Usos Múltiplos da Água

O diagnóstico dos usos múltiplos da água tem como objetivo a determinação da série de vazões de usos consuntivos para cada local de aproveitamento do inventário e, ainda, a estimativa das restrições futuras ao aproveitamento, decorrentes do uso dos recursos hídricos pelos demais setores usuários.

Esses estudos visam, também, identificar as potencialidades dos usos múltiplos da água na bacia hidrográfica em estudo e verificar essa potencialidade frente ao disposto no Plano Nacional de Recursos Hídricos, nos planos estaduais, nos planos de bacia, e nos planos setoriais e integrados disponíveis.

Para a elaboração do diagnóstico, deve-se levar em conta informações tanto de natureza quantitativa quanto qualitativa, que na sua grande maioria, encontram-se disponíveis em fontes secundárias (Quadro 3.1.3.01). Quando os dados secundários não estiverem atualizados ou não forem suficientes para a análise requerida para o desenvolvimento dos estudos, deverão ser realizados levantamentos de campo.

Visando avaliar se haverá necessidade de considerar o cenário de usos múltiplos já na fase de Estudos Preliminares, deve-se identificar se na bacia em estudo os usos múltiplos da água sugerem a alteração significativa na definição e/ou na avaliação das alternativas de divisão de queda. Por exemplo, bacias em que o cenário de usos da água indique uma disponibilidade hídrica muito inferior à vazão natural ou grandes restrições de níveis d'água.

A partir da coleta de dados, deverão ser identificados todos os usos existentes na bacia e, dentre eles, aqueles que causam maior interferência com a geração de energia elétrica.

Usos Consuntivos

A série mensal de vazão de consumo em um local de aproveitamento é o resultado do somatório dos valores das vazões de todas as retiradas de água, abatidos os retornos, a montante do sítio em questão. Devem ser estimadas as vazões de consumo efetivas para cada um dos seguintes usos:

- Abastecimento urbano.
- Abastecimento rural.
- Criação de animais.
- Irrigação.
- Uso industrial.

Para a determinação da série mensal das vazões de consumo, se deve considerar os diagnósticos constantes dos planos de recursos hídricos, caso existentes. Como alternativa, pode-se utilizar as metodologias adotadas para estimativa das vazões para atividades de uso consuntivo da água em bacias do Sistema Interligado Nacional,³ ou desenvolver estudos técnicos próprios. Neste caso a metodologia adotada deve ser justificada e descrita no relatório dos Estudos do Inventário.

O resultado desse trabalho é a determinação de uma série de vazões mensais de usos consuntivos, para cada local de aproveitamento em estudo, que abranja o período de anos da série de vazão natural média mensal, ou seja, de 1931 até, no mínimo, dois anos antes da conclusão dos Estudos do Inventário.

3 ONS. *Estimativa das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional*. FAHMA-DREER, 2003.

Assim, muitas vezes será necessário desenvolver estudos para estimar as vazões de retirada de água que ocorreram no passado e fazer uma extrapolação da série de dados obtida.

No caso de existirem planos de bacia ou planos setoriais, deverá ser feito um levantamento das informações assinaladas nos planos sobre os usos múltiplos da água, visando a construção do cenário de longo prazo.

Para cada um dos usos: irrigação, abastecimento urbano e rural, criação de animal e uso industrial, deve ser coletada informações sobre a previsão de consumo, localização das áreas aptas aos usos, localização dos núcleos populacionais, localização das tomadas d'água necessárias, beneficiadas ou prejudicadas por cada reservatório planejado.

Usos Não Consuntivos

Com relação aos usuários da água que utilizam o recurso sem que ocorra qualquer transposição, mas que concorrem com a geração de energia hidroelétrica, devem ser feitos esforços para identificar a localização das áreas de uso e as conseqüentes restrições impostas ao setor elétrico para a utilização racional do recurso. Em geral, esses usos são:

- Navegação.
- Controle de cheias.
- Turismo e lazer.
- Aqüicultura e pesca.
- Manutenção de ecossistemas.

No caso de existirem planos de bacia ou planos setoriais, deverá ser feito um levantamento de informações assinaladas nos planos sobre os usos múltiplos da água, visando à construção do cenário de longo prazo. Essas informações são do tipo:

- Navegação: número de quilômetros e localização dos trechos contemplados no plano e influenciados por cada reservatório planejado, dados históricos da movimentação de carga e pessoas na região e programas concebidos para adequação da infra-estrutura hidroviária a essa movimentação.
- Controle de cheias: área e localização geográfica dos núcleos urbanos e rurais protegidos e beneficiados por cada reservatório planejado e dados históricos sobre eventos críticos na região.
- Turismo e lazer: localização das áreas turísticas influenciadas pela implantação de cada reservatório planejado.
- Aqüicultura e pesca: localização e capacidade dos projetos existentes e previstos, influenciados por cada reservatório planejado.
- Manutenção de ecossistemas: identificação de trechos e os respectivos valores de vazão ecológica.

4.2.2 Cenário de Usos Múltiplos da Água na Bacia

A construção do cenário de usos múltiplos deve ser iniciada nos Estudos Preliminares, após a elaboração do diagnóstico, e concluída para uso nos Estudos Finais. Contudo, no caso de bacias hidrográficas com usos múltiplos da água que sugerem a alteração significativa na definição e/ou avaliação das alternativas de divisão de queda, esses estudos deverão ser considerados na etapa dos Estudos Preliminares. Por exemplo, bacias em que o cenário de usos múltiplos da água acarrete a necessidade de redefinição de projetos, ou mesmo a exclusão de eixos que irão compor as alternativas de divisão de queda.

Nos Estudos Finais, as alternativas de divisão de queda são comparadas considerando-se um cenário de longo prazo de usos múltiplos da água. Uma vez que para cada cenário projetado faz-se necessário desenvolver diversos estudos, aceita-se a realização de um cenário único, que deverá corresponder a um cenário médio, ou esperado, evitando-se os extremos de abundância ou escassez.

Esse cenário será um panorama a ser construído a partir de um conjunto de elementos físicos, sociais, econômicos e políticos, referentes a determinado período, para a realização de um estudo do futuro.

Para a elaboração desse cenário, leva-se em conta as informações obtidas na fase de Planejamento (itens 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3, 3.1.5 e 3.3) e na fase dos Estudos Preliminares (itens 4.1.1, 4.1.2, 4.1.4, 4.2.1 e 4.3).

Para o setor elétrico, a elaboração desse cenário deve contemplar o horizonte do seu planejamento de longo prazo. Contudo, como o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) é balizador da utilização dos recursos hídricos, considera-se aceitável a elaboração de um cenário com um horizonte compatível com o PNRH.

Esse cenário deverá especificar, para cada trecho de rio da bacia hidrográfica em estudo, as parcelas de vazão e de queda comprometidas com os usos múltiplos da água que limitam a geração de energia, tais como:

- Perdas líquidas de vazão devido a captações da água para os usos consuntivos e transposições para outras bacias, quando for o caso.
- Vazões utilizadas na operação de eclusas, quando for necessário.
- Tirantes para a navegação.
- Volumes a alocar em reservatórios e vazões de restrição para o controle de cheias.
- Vazões mínimas necessárias a jusante para atender os usos múltiplos da água e as necessidades ambientais.
- Possíveis limitações à operação dos reservatórios em função da exploração dos mesmos pelo turismo.

Caso a bacia em estudo já tenha sido contemplada com um plano de bacia em conformidade com a legislação vigente, a criação desse cenário de recursos hídricos deve levar em consideração todos os usos identificados no plano e a suas projeções para o futuro.

É importante ressaltar que todas as informações, dados e considerações adotadas na elaboração do cenário devem estar explicitadas, de forma transparente, em item específico do relatório final, para a avaliação dos impactos socioambientais positivos e negativos da alternativa selecionada.

Usos Consuntivos

A série de usos consuntivos obtida no item 4.2.1 deverá ter seu período estendido, conforme as projeções do cenário de longo prazo, para o último ano do horizonte compatível com o PNRH. Os 12 valores desse ano serão utilizados nos estudos energéticos na forma de abatimento nos valores da série de vazão natural média mensal histórica.

A construção do cenário de usos consuntivos da água deverá considerar algumas referências, tais como:

- Projeções de órgãos oficiais como o IBGE e o IPEA.
- Planos de recursos hídricos, caso existentes.
- Planos diretores oficiais de desenvolvimento (PPA, planos estaduais, setoriais, dentre outros).
- Estudos já realizados em atendimento a requisitos ambientais.

- Estudos ou metodologias para os cenários de estimativa de usos consuntivos na bacia, por exemplo a metodologia utilizada pelo ONS.
- Vazões máximas outorgáveis praticadas pelos órgãos gestores de recursos hídricos.

Deverá ser feito um balanço hídrico que mostre o grau de comprometimento dos recursos hídricos, em cada local de aproveitamento em estudo.

Usos Não Consuntivos

- Navegação

A construção do cenário de usos não consuntivos da água, na navegação, deverá considerar os planos de recursos hídricos, os planos de navegação fluvial e planos setoriais diversos que apresentem interfaces com o transporte fluvial.

Baseado nesses planos, é que deverão ser estimadas as projeções dos movimentos de carga e de pessoas na região e considerados os programas concebidos nos planos para adequação da infra-estrutura hidroviária necessária a essa movimentação.

Deverão ser identificados os trechos de rios que serão considerados como hidrovia pelos planos, determinadas as dimensões das embarcações e o tráfego esperado. Todos os aproveitamentos estudados localizados nestes trechos deverão ser concebidos de forma a permitir a transposição de nível.

No caso de trechos de rio identificados como navegáveis, antes ou após a implantação dos reservatórios estudados no inventário, o dimensionamento dos comboios-tipo e do tráfego esperado deve ser feito a partir de estudos setoriais.

Nas situações em que as vazões comprometidas com as eclusagens sejam significativas a ponto de influir no dimensionamento energético, esses valores devem ser calculados a partir das dimensões do comboio, do desnível a vencer e do tráfego previsto, e apresentado na forma de um vetor de 12 valores mensais para cada aproveitamento, para serem utilizados nos estudos energéticos.

- Controle de cheias

Para a determinação dos volumes de espera nos reservatórios, visando à realização do controle de cheias no cenário de longo prazo na bacia, deve-se partir da identificação das principais áreas de ocupação, existentes ou projetadas, sujeitas as inundações por extravasamentos da calha principal, a montante e a jusante dos aproveitamentos, durante a passagem das grandes cheias.

Em geral, os planos de drenagem macrofluvial combinam um conjunto de obras locais para a proteção de áreas mais vulneráveis com o abatimento dos picos de vazões através de reservatórios. A análise dos estudos e planos existentes auxiliará na elaboração do cenário, que deverá prever os volumes de espera totais a serem alocados em cada sítio em estudo.

Nos Estudos Finais, para cada alternativa de divisão de queda, os totais de volumes de espera, correspondentes a cada ponto de controle de inundação, devem ser distribuídos pelos reservatórios de montante, proporcionalmente à média do pico anual de vazão e ao volume útil, conforme a formulação a seguir:

$$V_{esp_i} = \alpha_i \cdot V_{esp}$$

$$\alpha_i = \frac{\bar{Q}p_i \cdot Vu_i}{\sum_j \left(\bar{Q}p_j \cdot Vu_j \right)} \quad (4.2.2.01)$$

onde,

V_{esp} Volume de espera total

α_i	Coefficiente de proporção do volume de espera no reservatório i
Qp_i	Pico de cheia média no local do reservatório i
Vu_i	Volume útil do reservatório

No caso de haver mais de um ponto de controle de inundação na bacia, deve-se considerar para cada reservatório apenas o maior dos volumes de espera, ali necessários para garantir a proteção isolada de cada ponto de controle. Em bacias onde o regime hidrológico apresenta sazonalidade deve-se considerar uma evolução dos volumes de espera de cada reservatório, iniciando-se a estação chuvosa com volume de espera nulo, atingindo-se apenas no mês mais chuvoso o valor requerido, e, voltando-se a zero no início da estação seca. Para cada reservatório, obtém-se então uma curva de volumes de espera ao longo do ano.

Nos Estudos Preliminares, considera-se apenas o volume de espera do mês correspondente ao início do período crítico do sistema de referência (item 4.6.1).

■ Turismo e lazer

O cenário para o uso do turismo deve estar respaldado em informações oficiais, tendo em conta que a implantação de um reservatório não acarreta obrigatoriamente o afluxo do turismo, que dependerá de outros agentes, não raro, exclusivamente privados.

Assim, quando forem projetados reservatórios com previsão para a regularização de vazão ou o controle de cheias, devem ser identificadas as potencialidades de turismo na região de interferência do lago, apontando para os possíveis conflitos que se seguirão ao uso concomitante das margens e águas represadas. Devem, ainda, ser indicadas as possíveis limitações à operação dos reservatórios em função da exploração dos mesmos pelo turismo.

■ Aqüicultura e pesca

Na elaboração do cenário do uso da aqüicultura nos reservatórios hidroelétricos, devem ser consultados o plano setorial e o plano de bacias e deles obtidas as informações necessárias para a caracterização dos parques aqüícolas e para a projeção de crescimento no longo prazo.

De posse dos elementos característicos para a instalação dos parques aqüícolas, poder-se-á estimar uma localização em cada reservatório projetado. Deverão ser apontados os possíveis conflitos sobre a utilização das águas, no tocante a sua qualidade, aos acessos aos parques e à operação dos reservatórios.

Nas situações em que as vazões comprometidas com os sistemas de transposição de fauna aquática migratória sejam significativas a ponto de influir no dimensionamento energético, esses valores devem ser calculados a partir das dimensões das estruturas e apresentado na forma de um vetor de 12 valores mensais para cada aproveitamento, para serem utilizados nos estudos energéticos.

■ Manutenção de ecossistemas

Para a elaboração do cenário referente a manutenção de ecossistemas, deverão ser considerados os requisitos de conservação e de preservação dos ecossistemas, além do atendimento às comunidades tradicionais existentes a jusante da intervenção no corpo d'água.

Nessa cenarização ressalta-se a necessidade de se considerar as vazões mínimas de diluição para o atendimento à classe em que o corpo d'água estiver enquadrado e para minimização das interferências ambientais que podem ser causadas pela modificação dos regimes hidrológicos.

Para o cálculo das vazões de manutenção de ecossistemas, deve ser consultado o órgão de recursos hídricos da região.

4.3 DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL

Os estudos a serem realizados durante o diagnóstico socioambiental têm como objetivo:

- Fornecer informações de forma a subsidiar a formulação das alternativas de divisão de queda e a concepção dos aproveitamentos.
- Construir uma base referencial para a avaliação de impactos socioambientais negativos e positivos dos aproveitamentos e das alternativas de divisão de queda.
- Fornecer informações para a caracterização dos principais aspectos socioambientais da bacia (as áreas mais sensíveis, potencialidades, principais usos dos recursos hídricos e do solo, aspectos socioeconômicos) que permitam uma visão abrangente dos impactos socioambientais mais relevantes associados aos aproveitamentos e às alternativas, destacando os efeitos cumulativos e sinérgicos dos aproveitamentos, de forma a atender aos requisitos da comparação das alternativas e aos objetivos da Avaliação Ambiental Integrada.

Os estudos devem ser conduzidos no sentido de gerar o conhecimento sobre a área de estudo, de modo a compor um quadro referencial para a comparação entre as alternativas em termos de seus impactos socioambientais. Para tanto, é necessário que os estudos objetivem a compreensão geral da realidade atual da área de estudo, destacando sua história e tendências evolutivas, bem como promovam a representação espacial dos aspectos mais relevantes para a análise comparativa requerida. Devem ser realizados a partir de um enfoque integrado, buscando explicitar os processos que se destacam na estruturação da dinâmica socioambiental da área de estudo no tempo e no espaço.

Observa-se que para a realização destes estudos não são necessárias extensas caracterizações. Pelo contrário, o que se pretende é que, pela interpretação e do tratamento apropriados de dados secundários e de um conjunto suficiente de dados primários, construa-se um quadro referencial compreensivo para a análise dos impactos socioambientais e dos aproveitamentos e alternativas. Este quadro deve possibilitar a identificação dos processos socioambientais mais significativos, relativos à interação aproveitamento hidroelétrico-região e daqueles aspectos que devem ser alvo de maior aprofundamento. Em particular, durante a construção do conhecimento sobre a área de estudo, deve-se procurar apreender as diferentes visões dos grupos sociais acerca das questões em análise.

A elaboração do diagnóstico deve ser estruturada/orientada pelo enfoque e conteúdo dos componentes-síntese, que se encontram conceituados e detalhados nos itens 4.3.1 a 4.3.7.

Os estudos serão desenvolvidos através da consolidação, análise e representação espacial dos dados e informações para cada componente-síntese, devendo merecer especial atenção as questões já levantadas durante o Planejamento dos Estudos (Capítulo 3). Além disso, como os componentes-síntese envolvem a articulação entre os diversos elementos do sistema socioambiental, as análises realizadas para cada componente deverão ser integradas às dos demais, mediante um trabalho interdisciplinar, tendo em vista a compreensão dos processos ambientais da área de estudo. Assim, na caracterização dos componentes poderão ser consideradas as inter-relações fundamentais entre os seus elementos.

Visando gerar subsídios para a Avaliação Ambiental Integrada, o diagnóstico socioambiental deverá destacar a história e tendências evolutivas da região, de modo a permitir a construção de um cenário de desenvolvimento futuro. Devem também ser destacados os processos socioambientais que têm caráter sistêmico ou que são considerados mais relevantes sob uma perspectiva regional, embora também seja necessário um quadro referencial para a análise de cada aproveitamento. Devem ser destacadas:

- As potencialidades da bacia: em termos da base de recursos naturais, das principais atividades socioeconômicas, das tendências dos setores produtivos, dos usos dos recursos hídricos e do solo, aspectos cêni-

cos e turísticos, dos planos e programas existentes para a região; e as potencialidades socioeconômicas que poderão ser alavancadas com a implantação dos empreendimentos hidrelétricos na região.

- Os espaços de gestão socioambiental: áreas mais preservadas com vegetação original; áreas degradadas; áreas para conservação da biodiversidade; áreas com restrições e condicionantes de uso, como por exemplo, Unidades de Conservação e Terras Indígenas.
- As áreas de sensibilidade: as áreas mais sensíveis à presença de empreendimentos hidroelétricos também deverão ser identificadas e localizadas. Sempre que possível, deve ser estabelecida uma classificação para essa sensibilidade.
- Os conflitos existentes e potenciais: relacionados ao uso dos recursos hídricos e do solo, às estratégias de conservação da biodiversidade e às políticas, planos e programas existentes para o desenvolvimento da região.

Os potenciais conflitos devem ser entendidos como os problemas que de alguma forma se agravariam e/ou surgiriam com a introdução dos empreendimentos hidroelétricos, tais como:

- Conflitos gerados pela forma de reassentamento de população urbana e rural.
- Substituição de usos da terra, desarticulação das relações sociais e da base produtiva.
- Especulação imobiliária.
- Interferência sobre o patrimônio arqueológico, histórico e cultural.
- Áreas com conflitos pelo uso da terra.
- Interferência sobre a base de recursos naturais para o desenvolvimento.
- Perda de potencial turístico.
- Perda de recursos naturais (minerais, biodiversidade).
- Conflitos em relação ao uso múltiplo dos recursos hídricos (item 4.2).
- Interferência sobre Terras Indígenas e Unidades de Conservação federais, estaduais e municipais.

Representação Espacial

Como os Estudos de Inventário envolvem a comparação de um conjunto de aproveitamentos que se combinam em diferentes arranjos espaciais sobre a base territorial da bacia hidrográfica, a dimensão espacial adquire grande relevância. Por outro lado, para atender aos objetivos do diagnóstico socioambiental é fundamental construir uma base referencial adequada para as análises em duas dimensões: aproveitamento e alternativa de divisão de queda. Nesse sentido, os resultados desses estudos para cada componente-síntese deverão ser representados espacialmente, levando-se em conta os seguintes procedimentos gerais:

- Georreferenciamento das informações relativas a cada componente-síntese para a área de estudo, tendo em vista possibilitar a integração dos seus elementos de caracterização em um único mapa, compondo um quadro referencial que leve ao entendimento das questões relativas a cada componente. Devem ser destacadas as áreas mais sensíveis, as áreas de conflito e, no caso dos componentes-síntese relacionados aos aspectos socioeconômicos, as áreas onde for identificada a existência de aspectos que poderão ser potencializados positivamente com a implantação dos empreendimentos hidroelétricos. O mapa por componente e os mapas temáticos que levaram à sua obtenção devem ser armazenados no Sistema de Informações Geográficas.
- Compartimentação espacial do quadro referencial de cada componente-síntese na área de estudo em subunidade, aqui denominadas **subáreas**, através da análise de suas características de similaridade ou diferenciação. Essas **subáreas** são definidas como recortes territoriais contínuos que apresentam relações e processos particulares que as distinguem das demais, e que determinam sua relação com a dinâ-

mica do componente-síntese na área de estudo como um todo. Os indicadores e os critérios utilizados para a definição das subáreas devem ser explicitados.

- Atribuição de pesos a cada subárea para representar a importância dos processos que a caracterizam para a dinâmica do componente-síntese na área de estudo como um todo. Estes pesos devem ser estabelecidos tendo em vista a repercussão na área de estudo dos processos que ocorrem em cada subárea, destacando aqueles aspectos que ultrapassam os limites de uma subárea. Os pesos devem ser atribuídos numa escala de **zero a um**, devendo a soma ser igual à unidade. Considerando as especificidades de cada componente e de cada bacia hidrográfica estudada, diferentes critérios podem ser adotados para sistematizar a atribuição da ponderação entre as subáreas, devendo, entretanto, estar indicados no estudo.

Através deste mecanismo, é possível obter a base para a identificação dos impactos de cada aproveitamento e de sua interação com os componentes-síntese em cada subárea, bem como a visão do conjunto dos impactos dos aproveitamentos localizados em cada subárea e daqueles que extrapolam os limites dessas áreas.

Este procedimento permite estabelecer uma base adequada para a análise dos processos impactantes relativos às alternativas de divisão de queda, sem, entretanto, desconsiderar os processos mais significativos relativos a cada aproveitamento.

Resultados do Diagnóstico

O mapa de cada componente-síntese deverá ser acompanhado de uma descrição, que ressalte os aspectos que contribuíram para a definição de cada subárea delimitada, situando-a no contexto da área de estudo como um todo e estabelecendo sua relação com as demais subáreas. Além disso, essa descrição deverá destacar os aspectos notáveis e apontar áreas mais sensíveis do ponto de vista social ou ambiental, áreas com potencialidades que poderão ser promovidas com a contribuição dos empreendimentos a serem implantados, bem como os conflitos existentes ou potenciais, para subsidiar a formulação das alternativas e a concepção dos aproveitamentos.

Ao final do diagnóstico, deverá ser realizada a consolidação das análises relativas a todos os componentes-síntese. Adotando-se uma dinâmica interdisciplinar, deverão ser identificadas e compreendidas as interações entre os processos relativos aos componentes, de modo a compor o quadro socioambiental da área de estudo. Quando for julgado pertinente, poder-se-á representar espacialmente essas interações num único mapa (**mapa-síntese**).

Os dados, informações e resultados do diagnóstico são também os elementos básicos para a primeira etapa da Avaliação Ambiental Integrada.

Vale ressaltar que as informações produzidas nesta etapa deverão ser passadas para o sistema SINV, para a comparação e seleção das alternativas ao final dessa etapa de Estudos Preliminares.

Componentes-síntese

Os componentes-síntese adotados para representar o sistema socioambiental são os seguintes:

- Ecossistemas Aquáticos.
- Ecossistemas Terrestres.
- Modos de Vida.
- Organização Territorial.
- Base Econômica.
- População Indígena/Populações Tradicionais.⁴

⁴ Decreto nº 6.040, de 07 de fevereiro de 2007 – Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais.

Deve ser observado ainda que os processos e atributos físicos, por promoverem o suporte e a articulação entre os processos ambientais, não são aqui considerados como um componente-síntese, mas sim como elementos básicos para as análises dos seis componentes adotados.

Da mesma forma, os aspectos relativos aos patrimônios histórico, cultural, arqueológico, espeleológico, paisagístico e ecológico são considerados como elementos de caracterização, de acordo com as relações estabelecidas com os componentes-síntese.

Nos itens 4.3.1 a 4.3.7 a seguir, são apresentados a conceituação e o conteúdo para os processos e atributos físicos e para cada um dos componentes-síntese, bem como os elementos de caracterização utilizados na sua estruturação. Nos quadros apresentados, encontra-se o resumo desses elementos e a indicação de possíveis fontes de informações.

4.3.1 Processos e Atributos Físicos

Observando a estrutura apresentada nos itens 2.3 e 4.3 para representar o sistema socioambiental destaca-se que os processos e atributos físicos, embora não se constituam em um componente-síntese, são considerados na análise articulando-se com estes, na medida em que representam o elemento mantenedor e interagente das relações biológicas e antrópicas.

A bacia hidrográfica, cujos principais elementos componentes são as encostas e a rede de canais fluviais, deve ser considerada dentro de uma abordagem mais ampla, como um sistema complexo que comporta processos de naturezas diversas, que interagem mutuamente e variam tanto no espaço quanto no tempo, compondo o que se pode chamar de unidade da paisagem.

Neste sentido, a bacia hidrográfica ora se comporta como substrato para a ocorrência e distribuição de espécies vegetais e animais, ora se expressa como recurso e condicionante para o desenvolvimento das atividades humanas.

Tomando-se por base que os aspectos físicos remetem-se aos demais – biológicos e socioeconômicos, os processos e atributos físicos a serem priorizados no diagnóstico socioambiental são aqueles que permitem melhor explicitar essas interações. Nesse sentido, os levantamentos e o nível de detalhamento da análise devem ser compatíveis com os conteúdos dos componentes-síntese.

- **Aspectos Geológicos** – A abordagem geológica deverá ser voltada para o levantamento e análise de informações que permitam identificar pelo menos os seguintes aspectos: unidades e estruturas geológicas, litologias associadas e potencial mineral. Deve-se buscar a correlação entre as evidências geológicas e a compartimentação socioambiental da área de estudo. Deverão ser usados como critérios para a compartimentação geológica a resistência dos materiais, condicionamentos do relevo e a ocorrência de recursos minerais. Devem ser preferencialmente utilizadas as informações levantadas para o item 4.1.3.
- **Aspectos Geomorfológicos** – Deverão ser identificadas as principais feições geomorfológicas e os processos morfodinâmicos atuantes (formas e processos de dissecação/deposição). A compartimentação geomorfológica deverá priorizar a análise da diversidade de relevo e dos processos atuantes, o grau de estabilidade, suas formas erosivas e deposicionais. Serão preferencialmente utilizadas as informações levantadas para o item 4.1.3. Visando subsidiar a análise dos ambientes fluviais, deverão ser identificados e particularizados os processos correlatos às principais feições morfológicas, tais como gradiente altimétrico, declividade do canal, forma do canal (vale plano, vale em V, encaixado, aberto), padrão do canal (retilíneo, meandrente, anastomosado), presença de rápidos e corredeiras, presença de ilhas, zonas de acumulação/erosão.
- **Aspectos Pedológicos e Edáficos** – Devem ser apontadas as principais unidades de solos da área de estudo, particularizando-se suas características físico-químicas e estruturais, de forma a identificar suas

potencialidades e restrições de uso. Nesse sentido, deverão ser evidenciadas as classes de aptidão agrícola e silvicultural e suas principais restrições quanto à susceptibilidade à erosão. Deverão ser preferencialmente utilizadas as informações levantadas para o item 4.1.3.

- **Hidrologia e Climatologia** – Este elemento abrange a descrição e caracterização do regime hidro-climático da área de estudo, das descargas superficiais e das águas subterrâneas (ou disponibilidade hídrica superficial e subterrânea). Os estudos realizados no item 4.1.2, devem embasar esta caracterização.
- **Qualidade das Águas** – Com este elemento objetiva-se fornecer um suporte analítico para os componentes-síntese Ecossistemas Aquáticos, Base Econômica e Modos de Vida. Para tanto, a análise deverá levar em conta os seguintes aspectos:
 - Manutenção da Diversidade Biológica – Deverão ser utilizados indicadores de qualidade da água que possibilitem a classificação dos corpos d'água quanto as suas características ecológicas determinantes na manutenção da diversidade biológica, conforme descrito no item 4.3.2.
 - Uso dos Recursos Hídricos – Os indicadores de qualidade da água utilizados deverão informar sobre as características de potabilidade e pureza necessárias para sua utilização doméstica e nas atividades econômicas em geral.
 - Ocorrência de Doenças de Veiculação Hídrica – Nesse aspecto, os indicadores utilizados deverão levar em conta as fontes de contaminação por efluentes domésticos e o quadro epidemiológico regional.

O estudo de qualidade da água deve ter início a partir da identificação das principais atividades na bacia e dos potenciais elementos poluentes lançados nos corpos de água. Uma boa parte desses dados poderá ser obtida a partir da consulta a fontes secundárias encontradas em órgãos de meio ambiente de alguns estados brasileiros e das classes de recursos hídricos para qualidade da água, quando disponíveis. Entretanto, a espacialização das informações sobre atividades deverá ser baseada nos padrões de uso do solo reconhecíveis em imagens de satélite. A atividade de mapeamento de uso do solo deverá atender os estudos do componente de Base Econômica e dos outros componentes-síntese.

Para as bacias hidrográficas onde não existem dados de qualidade da água ou onde estes não atendam aos objetivos deste estudo, será necessário realizar levantamento de campo preliminar, com pelo menos duas campanhas empreendidas em períodos que representem variações temporais significativas, passíveis de serem evidenciadas na qualidade físico-química da água. Tais períodos podem variar de acordo com as características biogeográficas ou de ocupação humana de cada região, podendo representar estações seca e chuvosa, períodos de plantio e colheita etc.

A rede amostral deverá ser definida em função de: características do uso do solo na bacia; características físicas da rede hidrográfica; características hidrológicas e hidrogeológicas (incluindo os aquíferos); disposição dos prováveis locais de barramento na bacia; otimização da rede amostral quanto à acessibilidade aos locais e equidistância entre os pontos amostrais.

Resultados do Diagnóstico

A partir da análise dos elementos anteriormente citados, forma-se uma rede de relações físico-naturais.

A associação entre a compartimentação geológica e os processos endógenos de esculturação das formas de relevo, superposta aos processos exógenos definidos pelo regime hidroclimático e pelo circuito da erosão, transporte e acumulação, permite uma visão não somente das interações entre esses processos como da compartimentação física da paisagem que compõe a bacia hidrográfica.

Considerando os Ecossistemas Aquáticos e Terrestres, os processos e atributos físicos da área de estudo se constituem no suporte para as interações biológicas que se processam na paisagem, sendo portanto um elemento fundamental para a análise da compartimentação biogeográfica da área de estudo, que se traduz na particularização dos diversos ambientes que compõem a bacia hidrográfica.

Para efeito de análise dos Ecossistemas Aquáticos, serão cruzadas as informações relativas ao perfil longitudinal fluvial, variações altimétricas, declividade, forma e padrão do canal, presença de rápidos e corredeiras, presença de ilhas, zonas de acumulação/deposição e substrato geológico. Deverão ser compartimentados os ambientes ao longo do canal fluvial, de forma a evidenciar as características físicas relevantes para a avaliação da diversidade biológica. A qualidade da água será objeto de avaliação específica para os Ecossistemas Aquáticos.

Com relação aos aspectos socioeconômicos e culturais, os aspectos físicos possuem importância enquanto um dos atributos definidores do processo de ocupação e das formas de apropriação dos recursos e, por consequência, da organização do território.

A caracterização e análise dos processos e atributos físicos para a avaliação dos componentes-síntese **Modos de Vida, Organização Territorial, Base Econômica e Populações Indígenas/Populações Tradicionais** está diretamente vinculada aos condicionantes: aptidão agrícola em diferentes tipos de manejo, potencialidades minerais e cênicas, e nível de degradação dos recursos. A análise destes atributos será delineada a partir de quatro elementos fundamentais: **processos morfodinâmicos** (dinâmica de erosão e deposição), **dinâmica de cheias**, **compartimentação do relevo** e **propriedades físico-químicas dos solos**.

Os **processos morfodinâmicos** representam toda a dinâmica de erosão e deposição dentro do sistema da bacia hidrográfica, integrando aos processos fluviais os de erosão. Isto permitirá avaliar tanto os efeitos advindos da implantação dos aproveitamentos, como as restrições ao uso do solo e ao desenvolvimento de atividades econômicas.

A **dinâmica de cheias**, por sua vez, assume importância, não somente para o entendimento dos processos morfodinâmicos, como em relação aos grupos sociais que estabelecem vínculos diretos com o rio, envolvendo toda sorte de relações sociais e econômicas fundamentais à própria reprodução desses grupos, que têm como pano de fundo o aproveitamento sazonal das várzeas dos cursos d'água.

A **compartimentação do relevo** traz no seu bojo a particularização das unidades que irão, posteriormente, subsidiar a análise das restrições e potencialidades relativas à ocupação e organização do espaço.

Por fim, as **propriedades físico-químicas dos solos** permitirão a análise da susceptibilidade à erosão, bem como de sua aptidão agrícola.

Como produto final dessa análise, devem resultar os dados necessários para caracterizar os seguintes aspectos:

- Compartimentação física.
- Aptidão agrícola dos solos e susceptibilidade à erosão.
- Recursos minerais.
- Patrimônio geomorfológico.
- Qualidade das águas.

Estas informações serão representadas cartograficamente através de mapeamentos temáticos, em escala compatível com os mapeamentos dos estudos de engenharia e dos componentes-síntese, conforme discriminados a seguir:

- **Compartimentação Física** – Mapeamento síntese dos atributos e processos do meio físico natural, ressaltando a particularização dos ambientes geomorfológicos com a respectiva compartimentação do relevo; os processos atuantes como erosão e deposição; as características geológicas e pedológicas dos materiais; e estruturas correlatas.

- Aptidão Agrícola dos Solos e Susceptibilidade à Erosão – Mapeamento da aptidão agrícola dos solos e da susceptibilidade à erosão.
- Recursos Minerais – Mapeamento dos recursos minerais (enquanto potencial mineral).
- Patrimônio Geomorfológico – Incluem-se as formações de rara beleza cênica, cavernas, cachoeiras etc.
- Qualidade das Águas – Como principal produto serão identificados em um mapa os trechos de rio com distintos padrões de qualidade da água.

4.3.2 Componente-síntese: Ecossistemas Aquáticos

Os ecossistemas aquáticos agrupam uma multiplicidade de processos e relações que ocorrem no meio biofísico. Tendo em vista a complexidade inerente ao estudo dos ecossistemas, são necessários recortes conceituais e metodológicos que compatibilizem a análise diagnóstica à escala de trabalho da fase de estudos de inventário, sem, no entanto, comprometer o conteúdo sistêmico deste componente-síntese. Optou-se por enfatizar os **fatores ambientais determinantes na manutenção da diversidade biológica**, priorizando-se aqueles elementos que permitam uma avaliação espacial, tendo-se como referência os estudos que vêm sendo desenvolvidos no âmbito da biogeografia.

Neste sentido, este componente-síntese reúne tanto informações relativas ao suporte físico-biótico, quanto aos dados biológicos das espécies, de modo a permitir **a identificação dos diferentes níveis de relevância ecológica existentes dentre os diversos ambientes que integram a região em estudo**. A relevância ecológica é entendida aqui como o potencial do sistema em análise apresentar uma diversidade biológica ou grau de endemismo maior comparativamente aos demais subsistemas.

Neste caso, a escolha das subunidades de análise deve ser efetuada a priori, objetivando selecionar áreas que representem conjuntos naturais, ou seja, que encerrem os processos ecológicos associados ao funcionamento e à estrutura das comunidades bióticas. Dentro dessa diretriz, optou-se por adotar as sub-bacias como subunidades de análise da rede de drenagem (subáreas), observando-se, entretanto, que estas podem ser agrupadas e/ou individualizadas de acordo com as características da área estudada. O canal principal, por sua vez, deverá ser considerado como uma única subunidade de análise (subárea). Entretanto, poderá ser subdividido em situações onde houver intercepções físicas no seu curso devido a barreiras geográficas, originando sistemas com características ecológicas independentes.

Os elementos de caracterização selecionados para a estruturação desse componente-síntese encontram-se descritos a seguir e são apresentados em resumo no Quadro 4.3.2.02, ao final deste item 4.3.2.

Vegetação Marginal (mata-ciliar, mata-galeria, mata-de-várzea, mata-de-igapó)

A vegetação marginal exerce importante função como zona reguladora das interações ecológicas entre os sistemas aquáticos e terrestres. Deverá ser feita, então, a identificação do estado de conservação e da distribuição espacial dessa vegetação nas sub-bacias que compõem a área de estudo e ao longo do canal principal.

A realização dessa caracterização pode ser efetuada adotando-se ferramentas de sensoriamento remoto em escala compatível. Deve ser realizado um trabalho de reconhecimento de campo para identificação dos padrões de conservação.

Qualidade da Água

Os parâmetros físico-químicos e biológicos a serem medidos deverão ser definidos em função de dois aspectos:

- Permitir a classificação da qualidade da água dos rios, de acordo com as características que possam acarretar em comprometimento da diversidade biológica, tais como oxigênio dissolvido, pH, série nitrogenada e fósforo, material em suspensão, compostos tóxicos, metais pesados, fitoplâncton e zooplâncton e macrobentos. Estes aspectos não são, necessariamente, os mesmos considerados quando se trata da utilização da água para abastecimento público ou para outros usos exigentes no que se refere à pureza e à potabilidade.
- Permitir a utilização de modelos simplificados de avaliação de qualidade da água de acordo com as especificidades regionais da bacia hidrográfica em estudo, levando em conta a existência/concentração de fontes poluidoras.

A classificação da qualidade da água deve ser efetuada dentro de um contexto em que represente um conjunto de opções preferenciais em relação às outras, estabelecendo melhores ou piores graus. Assim sendo, gera-se uma gradação de estados que ilustram distintas situações biológicas de qualidade socioambiental.

Propõe-se que as classes permitam diferenciar as subáreas em três níveis:

- Classe A – sistemas não comprometidos quanto às suas características ecológicas, sem a presença de poluição.
- Classe B – sistemas com algum grau de comprometimento de suas características ecológicas, refletindo a interferência de fontes poluidoras.
- Classe C – sistemas com alto comprometimento de suas características ecológicas pela intensidade das atividades poluidoras.

Esta classificação deve, quando existente, ser comparada à classificação do CONAMA para os recursos hídricos.

Adicionalmente, caso necessário, a identificação do nível de comprometimento do local em estudo poderá considerar aspectos referentes à relação de dominância entre espécies indicadoras e a acumulação de metais por espécies integrantes de diferentes níveis da cadeia trófica.

Fisiografia Fluvial

As variáveis físicas consideradas importantes para a caracterização dos ecossistemas aquáticos, por funcionarem como indicadores de variabilidade de ambientes e de capacidade de suporte dos sistemas, são: a hierarquia fluvial, a densidade de drenagem, a diversidade física do ambiente fluvial e a presença de lagoas marginais.

- Hierarquia Fluvial: A relação existente entre a ordem fluvial e a riqueza das comunidades ictiofaunísticas implica que se encontrem, em rios com ordem elevada, comunidades aquáticas dotadas de maior biodiversidade do que a daquelas presentes em rios de baixa ordem. Assim sendo, para a obtenção dos atributos determinantes da diversidade biológica deverá ser conhecida a ordem de cada sub-bacia e da bacia principal.

A classificação hierárquica dos sistemas fluviais apresenta diversas alternativas; entretanto, estudos que a utilizam como elemento para a compreensão da ecologia da fauna aquática têm adotado, em sua maioria, a classificação de Strahler (1952)⁵, tendo sido esta a recomendada neste Manual.

De acordo com Strahler, os menores canais fluviais, sem tributários, são considerados como de primeira ordem; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem e só recebem afluentes de primeira ordem. Os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e de primeira ordem; os canais de quarta

5 STRAHLER (1952). *Dynamic Basis of Geomorphology*. Geological Society American Bulletin, USA.

ordem se originam a partir da união de dois sistemas de terceira ordem e assim subseqüentemente. A representação deste procedimento é apresentada na Figura 4.3.2.01.

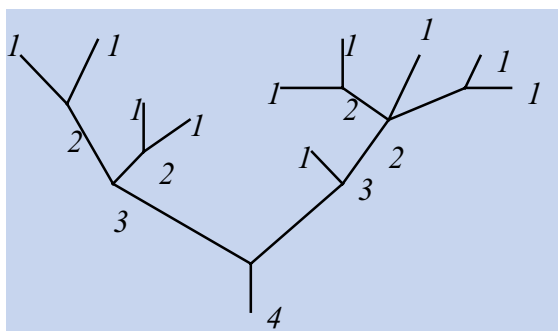


Figura 4.3.2.01 – Representação do método para a classificação hierárquica de bacias hidrográficas.

Assim sendo, cada sub-bacia deve ser classificada quanto à sua ordem e à sua situação dentro do conjunto de sub-bacias em análise.

- **Densidade de Drenagem:** É obtida pela relação entre o número de confluências e a área de drenagem de cada sub-bacia.
- **Diversidade Física do Canal Fluvial Principal:** A correlação existente entre a diversidade ambiental e a riqueza de espécies leva a que se espere que canais fluviais principais que apresentem alta diversificação de ambientes ao longo de seu curso mantenham comunidades ícticas compostas por um número de espécies superior àquele encontrado em rios homogêneos, sob o ponto de vista da diversidade de ambientes. O reconhecimento de ambientes ao longo do canal fluvial de cada subárea é iniciado no âmbito dos estudos dos processos e atributos físicos, empregando como variáveis altitude, declividade, forma do canal, forma do talvegue, presença de rápidos e corredeiras, presença de ilhas etc. Estas variáveis estão estreitamente relacionadas com aspectos hidrodinâmicos e com os diferentes tipos de processos que ocorrem nos canais fluviais, e conseqüentemente com a ecologia da fauna aquática, determinando mecanismos de dispersão e ocupação espacial por parte das espécies e influenciando a estruturação das taxocenoses.

Objetivando gerar um valor que expresse a relação entre a diversidade de ambientes nas subáreas, sugere-se a aplicação do índice de Shannon (S),⁶ descrito como:

$$S = \sum_{i=1}^n P_i \cdot \log P_i \tag{4.3.2.01}$$

sendo:

P_i	Percentual da superfície da subárea ocupada por cada ambiente identificado
n	Número de ambientes na subárea

- **Heterogeneidade dos Ambientes Fluviais:** Uma vez identificados os diversos ambientes que compõem o canal principal, é importante observar a heterogeneidade existente na rede de drenagem associada a cada um deles, por se constituir em mais um aspecto relevante no que diz respeito à capacidade do local manter alta riqueza de espécies. A análise deste aspecto pode ser feita pela interpretação de cartas 1:50.000 ou 1:100.000, considerando para cada ambiente analisado todos os aspectos físicos mencionados anteriormente (hierarquia fluvial, densidade de drenagem, diversidade física do canal fluvial etc.), de modo a identificar diferentes cenários de heterogeneidade.
- **Ambientes Ecologicamente Estratégicos:** Em muitas situações a diversidade biológica de determinada região é aumentada pela presença de condições ambientais únicas que atuam no tamponamento de

6 Shannon (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana, University of Illinois Press, 117 p.

impactos e na manutenção de fases juvenis de diversos táxons, além de viabilizar a presença de grupos endêmicos e o sucesso reprodutivo de inúmeras espécies.

Tais ambientes (denominados ecologicamente estratégicos) compreendem as lagoas marginais, praias fluviais, rios com fisiografia única, dentre outros. Sua análise tem início com a confirmação do uso efetivo para esses fins de tais ambientes na região estudada. Após esta confirmação, deve ser obtida a extensão ou a área ocupada por tais sistemas em cada subárea e avaliada sua representatividade para o manejo da biodiversidade local.

Dados Biológicos

Escolheu-se como objeto de análise a fauna vertebrada, com ênfase à fauna íctica, através da identificação das principais espécies. Além da indubitável importância ecológica da ictiofauna nas bacias hidrográficas, as características sistêmicas que esse grupo faunístico apresenta o tornam excelente indicador da diversidade biológica.

Tendo em vista as dificuldades existentes para a obtenção, de uma amostragem biologicamente significativa da riqueza ictiofaunística de bacias fluviais, sugere-se que a análise da diversidade biológica da fauna íctica seja feita mediante dados secundários passíveis de serem complementados com serviços de campo, tendo em vista obter informações relativas aos atributos listados no Quadro 4.3.2.01.

Quadro 4.3.2.01

Classificação	Distribuição Geográfica	Distribuição Mesoespacial	Distribuição Ambiental	Porte	Hábitos Migratórios
Espécie/Gênero	Endêmica	Cabeceira	Remansos	Grande	Ausentes
	Não endêmica	Baixada	Corredeiras	Médio	Facultativos
		Trechos intermediários			Pequeno

Embora a fauna íctica dulciaqüícola seja significativamente composta por espécies que necessitam realizar migrações rio acima para completarem seus ciclos reprodutivos (reofílicas), esta etapa não comportaria um estudo detalhado de rotas migratórias que envolvesse, por exemplo, a captura de espécies para marcação e posterior recaptura, ou ainda o estudo de estágio de desenvolvimento gonadal e áreas de desova. Entretanto, é possível a obtenção de informações sobre as rotas migratórias e áreas de desova e crescimento das principais espécies de peixes Characiformes e Siluriformes, por meio de entrevistas qualificadas com pescadores e populações ribeirinhas. Essas informações, obtidas em campo a partir do conhecimento das populações que tradicionalmente se utilizam desses recursos, deverão ser confrontadas com os dados obtidos da análise biogeográfica realizada.

Como foi mencionado anteriormente, nas áreas onde forem identificadas lagoas marginais, podem ser realizadas coletas de ovos e larvas para identificação de espécies. Esses dados são de fácil obtenção e permitem uma avaliação bastante precisa das áreas reprodutivas das espécies reofílicas. A realização das entrevistas, associada à análise biogeográfica e às coletas em lagoas marginais, permitirão uma caracterização em níveis satisfatórios para as análises nesta etapa dos estudos.

Como dados complementares, deverão ser reunidas informações sobre atividades pesqueiras nas bacias hidrográficas e identificadas as áreas mais produtivas. Os rios piscosos geralmente sustentam atividades de pesca de grande importância local e regional. Apesar de ser uma importante atividade econômica e fonte de subsistência para populações humanas em muitas bacias brasileiras, é grande a carência de informações bem documentadas sobre a real produtividade pesqueira. No entanto, para algumas bacias é possível a obtenção de alguns dados, mesmo que subestimados, sobre volume de captura, locais de desembarque e comercialização, esforço de pesca empregado etc.

Em algumas bacias, poderá ser necessária a identificação de outros grupos da fauna vertebrada (mamíferos, répteis, aves) que possam sofrer impactos com a implantação de aproveitamentos hidrelétricos. A inundação de áreas utilizadas para repouso, alimentação e reprodução de aves, sobretudo de aves

migratórias, protegidas por legislação internacional, e a inundação de zonas de tabuleiros de desova de tartarugas, são exemplos de impactos que poderão ocorrer. Como são situações excepcionais, não é aqui proposto nenhum estudo específico *a priori*. As equipes técnicas envolvidas nos estudos de inventário deverão avaliar em que situações se farão necessários estudos mais detalhados.

O cruzamento das informações referentes à diversidade física dos canais fluviais, à heterogeneidade dos ambientes fluviais e aos ambientes ecologicamente estratégicos com os atributos bióticos irá gerar um quadro representativo da fauna de provável ocorrência em cada ambiente fluvial. Este processo permitirá identificar aqueles ambientes que concentram maior biodiversidade e/ou reúnem espécies migratórias, endêmicas ou exclusivas.

Resultados do Diagnóstico

A síntese dos elementos de caracterização deverá permitir a compreensão dos fatores determinantes na manutenção da diversidade biológica de cada subárea estudada. A partir da análise integrada dos elementos físicos e bióticos, objeto da caracterização e de sua espacialização, é possível captar os diferentes graus de relevância ecológica existentes nas subáreas estudadas.

Deverá ser elaborado um mapa, indicando a delimitação das subáreas. Em cada uma delas deverão estar representadas as informações mais relevantes do ponto de vista da manutenção da diversidade biológica. Esse mapa deverá ser acompanhado de uma descrição, caracterizando cada subárea, destacando seus aspectos mais relevantes, apontando áreas de sensibilidade e situando-as com relação ao contexto da bacia hidrográfica, levando à compreensão da relação de cada subárea com as demais. Esse mapa será utilizado na formulação das alternativas de divisão de queda e na identificação e avaliação dos impactos e, posteriormente, na AAI da alternativa selecionada.

Os pesos relativos entre as subáreas, que representam a importância dos processos que a caracterizam para a dinâmica do componente-síntese na área de estudo, deverão também ser definidos neste momento.

Quadro 4.3.2.02 – Elementos de caracterização do componente-síntese Ecossistemas Aquáticos.

Componente-síntese	Elementos de Caracterização	Fonte
Ecossistemas Aquáticos	– Vegetação marginal (mata-ciliar, mata-galeria, mata-de-várzea, mata-de-igapó etc.): estado de conservação e distribuição espacial.	– Imagens de satélite
	– Ocorrência de macrófitas.	– Recursos cartográficos e aerofotogramétricos existentes
	– Qualidade da água:	– Teses universitárias
	a) sistemas não comprometidos quanto as suas características ecológicas, sem a presença de poluição;	– Publicações científicas
	b) sistemas com algum grau de comprometimento de suas características ecológicas, refletindo a interferência de fontes poluidoras;	– Dados de qualidade de água (órgãos de Meio Ambiente, ANA, secretarias de Recursos Hídricos)
	c) sistemas com alto comprometimento de suas características ecológicas pela intensidade das atividades poluidoras.	– Dados de Pesca Fluvial (IBGE, IBAMA, Institutos de Pesquisa)
	– Fisiografia fluvial:	– Projeto RADAM BRASIL
	a) hierarquia fluvial (classificação de Strahler);	– Tratados gerais sobre ictiologia fluvial
	b) densidade de drenagem;	– Levantamentos complementares de campo
	c) diversidade física do canal fluvial principal;	– SEAP
d) heterogeneidade dos ambientes fluviais;	– SRHU/MMA	
e) ambientes ecologicamente estratégicos.		
– Dados Biológicos:		
a) biologia e ecologia das espécies ícticas mais representativas (dados bibliográficos);		
b) identificação e espacialização das principais rotas migratórias, reprodutivas e tróficas;		
c) identificação e espacialização das áreas de maior produtividade pesqueira (volume de captura – série histórica, esforço de pesca empregado);		
d) identificação das principais espécies, sobretudo as migradoras e as associadas a ambientes de elevada energia hidrodinâmica;		
e) ocorrência de outras espécies da fauna vertebrada (por exemplo, mamíferos aquáticos, répteis, aves).		

4.3.3 Componente-síntese: Ecossistemas Terrestres

Assim como no componente-síntese de Ecossistemas Aquáticos, a complexidade inerente aos estudos dos Ecossistemas Terrestres torna necessária a realização de recortes conceituais e metodológicos para compatibilizar a análise diagnóstica à escala de trabalho dos estudos de inventário. Neste sentido, também serão enfocados neste componente os fatores ambientais determinantes na expressão e manutenção da diversidade biológica, priorizando-se aqueles elementos que permitam uma avaliação espacial, tomando-se como referência os estudos que vêm sendo desenvolvidos no âmbito da biogeografia.

Os elementos de caracterização para a estruturação desse componente-síntese foram selecionados de modo a permitir a identificação dos diferentes níveis de relevância ecológica existentes dentre os diversos ambientes que integram a região em estudo. A relevância ecológica aqui é entendida como o potencial do sistema em análise apresentar uma diversidade biológica maior comparativamente aos demais subsistemas. Estes elementos de caracterização encontram-se descritos a seguir e estão apresentados no Quadro 4.3.3.02.

Cobertura Vegetal e Uso do Solo na Bacia

Deverão ser identificadas e mapeadas as fitoformações naturais na bacia com auxílio de sensoriamento remoto, complementados com mapas de vegetação existentes e outros recursos cartográficos e aerofotogramétricos disponíveis. A escala de interpretação e análise deverá permitir a posterior avaliação de interferências por aproveitamento. Em função da dimensão territorial da bacia hidrográfica em estudo, pode ser necessário realizar dois mapeamentos: um com características mais sistêmicas, com um grau maior de agregação entre as tipologias vegetais similares, objetivando avaliar o nível de degradação/conservação da área de estudo; outro com um nível maior de desagregação fitofisionômica, indicando a diversidade de complexos florísticos de cada unidade de análise.

É recomendável um trabalho de campo para confirmação dos padrões mapeados e identificação da extensão e do estado de conservação da cobertura vegetal. Em particular, deverá ser realizada a identificação da extensão e estado de conservação da vegetação marginal pela importância ecológica que lhe é imputada na manutenção de fluxos gênicos e como habitat de muitas espécies nos Ecossistemas Terrestres.

O levantamento e mapeamento das informações relativas ao uso do solo na área de estudo será realizado dentro do escopo do componente-síntese Base Econômica.

Fatores de Pressão sobre os Ecossistemas

Objetivando identificar os fatores de pressão sobre os ecossistemas, deverão ser levantados dados da evolução da exploração de recursos naturais e expansão de áreas agrícolas. Esses levantamentos deverão ter como referência aqueles realizados para o componente-síntese Base Econômica e serão aqui utilizados para a avaliação da sustentabilidade dessas atividades e do nível de pressão antrópica sobre os ecossistemas naturais.

Ecossistemas de Relevante Interesse Ecológico

Deverão ser identificados e mapeados os ecossistemas de relevante interesse ecológico, ou seja, ecossistemas importantes pela função que exercem na manutenção da diversidade biológica. Enquadram-se nessa classificação os ecossistemas importantes na manutenção de fluxos populacionais, como, por exemplo, as matas-galeria; ecossistemas mantenedores de espécies ameaçadas de extinção; ecótonos, por serem contatos entre duas regiões fitoecológicas distintas, com interpenetração de espécies em seus ambientes; e as áreas para conservação da biodiversidade sob algum tipo de proteção legal. Para a definição dessas áreas serão utilizadas informações obtidas da interpretação de imagens de sensoriamento

remoto, dos mapeamentos realizados pelo Projeto RADAM, e das informações do SIUC⁷ e sobre as Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade.

Ecologia da Paisagem

Deverão ser reunidas informações que permitam apontar a capacidade da área de estudo para manter espécies da fauna e o nível geral de insularização da cobertura vegetal nativa. Esse grau de insularização da vegetação natural é um indicador da perda de biodiversidade pela forte relação existente entre a diversidade biológica e o tamanho da área. Assim sendo, sugere-se a obtenção de informações através da análise conjunta dos aspectos aplicados em ecologia de paisagens e dos parâmetros referentes à diversidade biológica.

Para a manutenção da fauna terrestre, duas condições fitofisionômicas mostram-se particularmente interessantes: (1) fisionomias não alteradas, mantendo elevado grau de integridade e, conseqüentemente, permitindo a sobrevivência de espécies da fauna primária da área, e (2) fisionomias distribuídas em mosaicos que, por gerarem diferentes situações de contato entre distintos ecossistemas, viabilizam a coexistência de espécies com diversos graus de umbrofilia.

A avaliação geral da paisagem em cada subárea é realizada considerando os seguintes aspectos: forma média dos remanescentes florestais (mosaicos); isolamento dos mosaicos; classificação fisionômica dos mosaicos.

- Forma média dos remanescentes florestais: Este parâmetro funciona como indicador da capacidade de retenção da fauna, tomando-se como base o princípio de forma e função desenvolvido por Thompson (1961). Espera-se, então, que sistemas dotados de menor relação perímetro/área exibam maior capacidade de retenção de atributos internos (no caso, organismos) quando comparados com sistemas em que esta relação é maior. A forma média dos remanescentes (**FM**) é dada pela seguinte relação entre perímetro (**P**) e área (**A_p**):

$$FM = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P}{2\sqrt{A_p\pi}}}{n} \quad (4.3.3.01)$$

sendo:

n Número de remanescentes florestais

- Isolamento entre os Mosaicos: Através da análise do isolamento dos mosaicos, representado pela distância entre os remanescentes florestais fragmentados presentes, é possível avaliar se o nível de insularização que a fauna vem sofrendo em determinada subárea. O isolamento (**IM**) de cada subárea pode ser estimado pela relação:

$$IM = \frac{1}{n} \sum d_{ij} \quad (4.3.3.02)$$

onde:

n Número de fragmentos florestais na subárea, excluindo a vegetação marginal

d_{ij} Distância entre o fragmento i e seu vizinho j na subárea

- Classificação Fitofisionômica dos Mosaicos: Indica a diversificação florística da área estudada. Sugere-se a classificação utilizada pelo IBGE. Devem ser destacadas as fisionomias que se mostrem exclusivas de determinadas áreas.

7 Sistema de Informação de Unidades de Conservação.

Ocorrência e Distribuição Faunística

A obtenção de informações acerca da provável ocorrência de espécies da mastofauna, ornitofauna e herpetofauna na região em estudo pode ser realizada conjugando os dados reunidos em campanhas expeditas com informações disponíveis em tratados gerais sobre a fauna neotropical. Estas informações podem ser obtidas na literatura específica.

A ocorrência faunística será trabalhada tendo como base a organização das informações de acordo com os atributos descritos no Quadro 4.3.3.01:

Quadro 4.3.3.01

Classificação	Distribuição Geográfica	Distribuição Espacial	Hábito	Status
Espécie/Gênero	Endêmica	Borda	Solo	Ameaçada
	Não endêmica	Núcleo	Árvores	Vulnerável
			Dossel	Não ameaçada
			Áreas paludiais	

A estrutura de banco de dados apresentada compreende um número mínimo de aspectos a serem considerados, englobando variáveis taxonômicas e ecológicas. Recomenda-se a adição de novas informações de modo a incluir aspectos ecológicos que se mostrem relevantes para uma caracterização melhor do conjunto faunístico em estudo.

Tais dados, quando relacionados às informações sobre o suporte físico, permitirão identificar a fauna de provável ocorrência nos diversos ambientes em estudo. Busca-se conhecer a diversidade taxonômica dos grupos da fauna vertebrada, as espécies ameaçadas de extinção relacionadas em listas oficiais e as espécies que, por terem sua distribuição restrita a núcleos florestais, mostram-se mais vulneráveis a alterações antropogênicas.

Resultado do Diagnóstico

A síntese dos elementos de caracterização deverá permitir a qualificação dos Ecossistemas Terrestres e sua importância na manutenção da diversidade biológica. As análises realizadas permitirão a espacialização dos elementos determinantes nessa manutenção, possibilitando a compartimentação da área de estudo em subáreas, de acordo com critérios que levem à representação mais fiel dos elementos e processos biológicos propostos. Estas subáreas poderão estar correlacionadas a uma determinada sub-bacia, a uma paisagem, a uma unidade fitofisionômica, ou a uma série de outros aspectos. A unidade de espacialização deverá ser aquela que apresentar maior grau de correlação com os elementos e processos que se deseja caracterizar.

Deverá ser elaborado um mapa, indicando a delimitação das subáreas identificadas. Em cada uma delas deverão estar representadas as informações mais relevantes do ponto de vista da manutenção da diversidade biológica. Este mapa deverá ser acompanhado de uma descrição, caracterizando cada subárea, destacando seus aspectos mais relevantes, apontando áreas de sensibilidade e situando-as com relação ao contexto da área de estudo, levando à compreensão da relação de cada subárea com as demais. Este mapa será utilizado na formulação das alternativas de divisão de queda e na identificação e avaliação dos impactos e, posteriormente, na AAI da alternativa selecionada.

Os pesos relativos entre as subáreas, que representam a importância dos processos que as caracterizam para a dinâmica do componente-síntese na área de estudo, deverão também ser definidos neste momento.

Quadro 4.3.3.02 – Elementos de caracterização do componente-síntese Ecossistemas Terrestres.

Componente-síntese	Elementos de Caracterização	Fonte
Ecossistemas Terrestres	<ul style="list-style-type: none"> – Descrição fitofisionômica das classes de cobertura vegetal e uso do solo na bacia. – Fatores de pressão sobre os ecossistemas (extrativismo, agropecuária, desmatamento). – Unidades de Conservação e outras áreas sob proteção legal, ecossistemas de relevante interesse ecológico, áreas prioritárias para conservação da biodiversidade (APCB), ecótonos, áreas detentoras de espécies raras ou ameaçadas de extinção, ecossistemas importantes na manutenção de fluxos populacionais (corredores ecológicos, área de conservação da biosfera). – Ecologia da paisagem (análise da forma e conectividade dos fragmentos florestais e sua representatividade ecológica para a manutenção das espécies). – Caracterização das espécies de fauna por ambiente e identificação das espécies endêmicas, ameaçadas e raras. 	<ul style="list-style-type: none"> – Sensoriamento remoto. – Mapeamentos de vegetação e do uso do solo existentes. – Projeto RADAM BRASIL. – Recursos cartográficos e aerofotogramétricos existentes. – Censo agropecuário (IBGE). – INPRA, IBAMA, MMA, MAPA. – Teses universitárias. – Publicações científicas. – Dados sobre evolução de áreas desmatadas (IBGE, INPE, ONG). – Tratados gerais sobre fauna neotropical. – Levantamentos complementares de campo. – Órgãos Estaduais de Meio Ambiente. – EMBRAPA, EMATER.

4.3.4 Componente-síntese: Modos de Vida

Por “Modos de Vida” compreendem-se as formas pelas quais os seres humanos se organizam para garantir sua sobrevivência física, social, política, cultural e emocional. Este componente refere-se às maneiras pelas quais os homens ocupam o território, apropriam-se dos recursos naturais disponíveis, relacionam-se entre si nesse processo e produzem representações sobre esse território. A essa organização correspondem formas particulares de pensar o mundo e se pensar nele (formas de representações). São essas formas que dão significado ao conjunto de relações cotidianamente atualizadas – relações políticas, econômicas, culturais, afetivas, de socialidade etc. Compreender um “Modo de Vida” não é apenas caracterizá-lo, mas sim compreender as formas aqui mencionadas em suas manifestações: é apreender o que há de mais relevante na organização de um grupo social, apreender o que lhe confere identidade, o que o situa no tempo e no espaço.

Para apreender o substrato da identidade de um dado de “Modo de Vida”,⁸ é de fundamental importância estabelecer a síntese entre as “estratégias de sobrevivência dos grupos sociais” – que remetem aos aspectos que conformam sua base material – e as “formas de socialidade historicamente construídas” – relativas aos aspectos que conformam sua base sociocultural. Nesse sentido, os elementos de caracterização selecionados para estruturação deste componente-síntese devem ser analisados integradamente, levando à caracterização dos diferentes “Modos de Vida” existentes na área de estudo e sua expressão espacial.

8 Como exemplo, pode-se mencionar as situações em que a “proximidade do rio” se destaca como elemento organizador do tempo e do espaço para alguns grupos populacionais. Esta situação pode contribuir para determinar a identidade coletiva, e para compreensão do conjunto de relações que a constitui, caracterizando um modo de vida “dependente do rio”. É importante observar que nem sempre a condição de proximidade do rio é determinante na identificação da identidade coletiva de determinado grupo social, sendo a condição de ribeirinho apenas uma, dentre outras, e não necessariamente a determinante.

Esses elementos deverão ser tratados do ponto de vista quantitativo e qualitativo, buscando observar as interações entre eles, de forma a (re)construir a realidade, objeto de interesse do estudo. Acredita-se que através deste componente-síntese seja possível dar um tratamento especial a questões que frequentemente se perdem no meio de informações quantificáveis, questões que qualificam a realidade social e que, na maioria das vezes, tendem a passar despercebidas.

Os elementos de caracterização são apresentados no Quadro 4.3.4.01 e estão agrupados sob os seguintes aspectos:

- Dinâmica demográfica.
- Condições de vida.
- Sistema de produção.
- Organização social.

Dinâmica Demográfica

A análise da dinâmica demográfica visa perceber o comportamento da população, através de suas características gerais (população residente, sexo, idade, situação de domicílio), bem como sua distribuição espacial e sua mobilidade, de modo a subsidiar a compreensão dos demais aspectos em análise.

Com relação à mobilidade da população, sugere-se a observação desta questão a partir do saldo líquido migratório (diferença entre a taxa de crescimento e a taxa de crescimento vegetativo), que é um indicador tendencial que revela se a área é expulsora ou receptora de população.

Condições de Vida

A análise das condições de vida permite constatar os recursos públicos e privados de que os grupos dispõem para atender suas necessidades básicas, bem como a relação existente entre o acesso a esses recursos e a qualidade de vida disponível – saúde, renda, emprego, educação, saneamento, comunicação, energia, transporte, lazer.

As informações relativas aos elementos de caracterização têm como fontes principais as estatísticas fornecidas por agências governamentais e organizações internacionais (OMS e PNUD, por exemplo). Entretanto, deverão ser complementadas por outras de caráter qualitativo que traduzam as estratégias particulares de que os grupos sociais lançam mão para melhorar sua qualidade de vida. Através de pesquisa de campo e de consulta a estudos, pesquisas e teses produzidas nas Universidades e/ou em Institutos de Pesquisa é possível ampliar o escopo de informações de âmbito qualitativo.

O Indicador de Desenvolvimento Humano (IDH) cunhado pelo PNUD pode contribuir para a construção de um diagnóstico situacional no que tange à conjugação das informações referentes à educação, renda e saúde (mortalidade infantil e expectativa de vida).

Em particular, no que se refere à avaliação do estado de saúde da população, pode-se obter um diagnóstico situacional, e a correspondente descrição do processo saúde/doença na região, através da observação do perfil nosológico (prevalência/letalidade), da infra-estrutura médico-hospitalar e do quadro de endemias, bem como da articulação entre estes aspectos e o padrão socioeconômico existente, associados aos principais indicadores de saúde (mortalidade infantil, esperança de vida, consultas/habitantes). Torna-se possível desse modo identificar os fatores e áreas de risco para a saúde da população.

Sistema de Produção

Os elementos aqui englobados remetem às relações que têm como referência a produção, ou seja, às formas pelas quais as pessoas e/ou os grupos sociais produzem os bens necessários para satisfação de suas necessidades materiais. Nesse sentido, devem informar as formas de apropriação dos recursos naturais e as condições nas quais se dá essa produção, determinando a organização das sociedades e

condicionando a sua história. Deve também permitir a observação da situação de capitalização/descapitalização dos grupos sociais.

Os diferentes sistemas de produção existentes na área de estudo serão identificados a partir da observação das formas de organização da produção rural e da produção urbana, bem como da interrelação entre ambas, levando em conta a base de recursos naturais disponíveis e os condicionantes ambientais do sítio.

As informações relativas a este conjunto de dimensões do sistema de produção poderão ser obtidas inicialmente em fontes de dados secundários, devendo ser complementadas com a utilização de estudos e teses sobre o tema, bem como com a coleta de informações através de pesquisa de campo.

- **Recursos Naturais e Condicionantes Ambientais** – Considerando que a base do sistema de produção são os recursos naturais disponíveis para a realização da produção, torna-se necessária a observação dos seguintes aspectos: – áreas de várzeas, solos com aptidão agrícola, dinâmica de cheias, uso do solo, uso das águas e recursos minerais, florestais e pesqueiros. Essas informações serão obtidas a partir dos dados levantados e das análises efetuadas sobre os processos e atributos físicos da área de estudo, e nos componentes-síntese Ecossistemas Aquáticos, Ecossistemas Terrestres e Base Econômica.
- **Organização da Produção** – A observação das formas de organização da produção rural e urbana será indicativa dos possíveis vínculos entre ambos, especialmente aqueles que se expressam na moradia urbana associada ao trabalho rural e vice-versa. As formas de organização da produção deverão ser indicativas, ainda, da situação de capitalização, observada a partir da condição de propriedade e valor do patrimônio, bem como das formas de geração de renda.

As informações referentes à *organização da produção urbana* têm como principal fonte de dados o Censo Demográfico – IBGE, destacando-se aquelas relativas à população economicamente ativa (PEA) e não economicamente ativa (NEA); setor de atividade, condição e classe de rendimento médio mensal. Sempre que estiverem disponíveis, devem ser utilizados os censos e dados produzidos pelos estados e municípios.

Deve-se também observar que em determinadas áreas rurais perduram práticas de escambo, com insignificante circulação de moeda.

Organização Social

Devem ser observadas as formas pelas quais as pessoas e/ou os grupos sociais organizam-se e definem parâmetros de convivência. Ou seja, este aspecto remete às relações dos seres humanos entre si. Por se tratar de um aspecto marcadamente qualitativo, os elementos de caracterização têm como fontes de informações básicas as pesquisas de tese produzidas por Universidades e Institutos de Pesquisa, bem como a pesquisa de campo. Deverá ser também consultado o cadastro de sindicatos, cooperativas e ONGs, produzidos pelo IBGE.

Considerando a especificidade dos temas abordados por este elemento, tem-se como sua principal atribuição caracterizar as formas de mediação das relações dos homens entre si, apontando situações de conflito, vínculos associativistas informais, bem como identificar a existência de relações “especiais” que explicam a organização de determinados grupos, tais como relações de parentesco, vizinhança, de trabalho, políticas etc.

Da observação desses múltiplos aspectos e das informações sobre o processo histórico de ocupação do território, resultará o delineamento dos principais elementos constitutivos da identidade sociocultural do grupo, bem como a identificação de suas formas de socialidade (de relacionamento entre si) e das representações acerca delas produzidas. Além disso, será possível identificar os modos pelos quais essas formas de socialidade se expressam no espaço (território) e no tempo, privilegiando algumas mediações e/ou algumas referências concretas (patrimônio geomorfológico, edificações, monumentos etc.) que, ao serem valorizados, tornam-se patrimônio representativo daquela organização social.

Cabe observar que, entre os aspectos relativos ao patrimônio (histórico, cultural, paisagístico, arqueológico, espeleológico e ecológico) considerados, interessa aqui o valor a eles atribuídos pelos grupos sociais e não o seu reconhecimento oficial e/ou sua condição legal. Deverá assim ser caracterizada a importância e entendido o significado de dado patrimônio no processo de produção e reprodução cultural dos grupos sociais. Com isso, estará sendo valorizado o sentido do patrimônio para o universo social a ele referente, bem como os rebatimentos de seu valor histórico, cultural, arqueológico, paisagístico, espeleológico ou ecológico para o conjunto de relações que lhes confere identidade.

Matriz Institucional

Devem ser identificados os principais órgãos públicos, representações da sociedade civil e outros grupos de interesse atuantes na área de estudo, bem como analisadas as políticas públicas para o bem estar social e redução da pobreza voltadas para a região.

Resultados do Diagnóstico

A partir da síntese dos elementos de caracterização referidos às estratégias de sobrevivência e às formas de socialidade historicamente construídas será possível identificar os “Modos de Vida” existentes na área de estudo e apreender o substrato da sua identidade. É importante também observar a vulnerabilidade à mudança das formas de reprodução da vida social que é percebida, principalmente, através da existência de situações de contradição/conflicto, da condição de capitalização/descapitalização e do grau de organização social dos grupos.

Para a representação espacial do componente “Modos de Vida”, a síntese das informações relativas aos elementos de caracterização deverá ser mapeada e analisada integradamente com os mapas contendo as informações relativas aos processos e atributos físicos da região e aos demais componentes-síntese, de modo a permitir a delimitação do território no qual cada Modo de Vida se manifesta.

No mapa resultante, deverá ser delimitado o espaço ocupado por cada Modo de Vida identificado, que corresponderá a uma subárea, conforme definido anteriormente. Este mapa deverá ser acompanhado de uma descrição, caracterizando o Modo de Vida de cada subárea, enfatizando os aspectos mais relevantes para a sua definição, situando-os no contexto da área total de estudo, buscando compreender as suas relações com os Modos de Vida das outras subáreas. As áreas mais sensíveis à implantação de empreendimentos hidrelétricos deverão ser apontadas, bem como aquelas que apresentam potencialidades que podem ser promovidas com a implantação dos empreendimentos. Este mapa será utilizado na formulação das alternativas de divisão de queda e na identificação e avaliação dos impactos e, posteriormente, na AAI da alternativa selecionada.

Os pesos relativos entre as subáreas, que representam a importância dos processos que a caracterizam para a dinâmica do componente-síntese na área de estudo, deverão também ser definidos neste momento.

Quadro 4.3.4.01 – Elementos de caracterização do componente-síntese Modos de Vida.

Componente-síntese	Elementos de Caracterização	Fonte
Modos de Vida	– Dinâmica Demográfica:	– Censo Demográfico (IBGE).
	a) Processo de Ocupação (ênfase demográfica).	– Cadastro de Estabelecimentos de Saúde (IBGE).
	b) Quantitativo populacional.	– Estatísticas de Saúde (IBGE).
	c) Distribuição espacial da população (situação de domicílio rural/urbano).	– Anuários Estatísticos Estaduais.
	d) Taxas de crescimento.	– Censo Agropecuário (IBGE).
	e) Taxas de crescimento vegetativo.	– FUNAI.
	f) Fluxos migratórios.	– EMBRAPA.
	g) Fatores de atração e expulsão da população.	– EMATER.
	– Condições de Vida:	– INCRA.
	a) Qualidade de vida (IDH e outros indicadores básicos).	– SEPPPIR.
	b) Serviços oferecidos (educação, saúde, energia, comunicação, saneamento, transporte e lazer).	– MDA.
	c) Condições de emprego, distribuição da renda familiar e pessoal.	– MDS.
	d) Análise das condições de vida dos grupos e de pequenos produtores.	– Cadastro de sindicatos, cooperativas e ONGs (IBGE).
	e) Indicadores de saúde, com atenção para doenças de veiculação hídrica.	– Movimentos sociais e associações atuantes na região.
	– Sistema de Produção:	– Pesquisa direta.
	a) Organização da produção rural.	– Estudos, teses, pesquisas acadêmicas.
	b) Organização da produção urbana.	
	c) Recursos naturais disponíveis (minerais, pedológicos, hídricos, florestais e pesqueiros).	
	d) Condicionantes ambientais da sub-área (dinâmica das cheias, áreas de várzea, áreas de erosão, aptidão agrícola, compartimentação do relevo).	
	– Organização Social:	
	a) Processo histórico de ocupação.	
	b) Identidade sociocultural (hábitos, valores, crenças, patrimônio histórico/cultural).	
	c) Representações.	
	d) Áreas de conflito e de tensões sociais.	
	e) Situações de conflito.	
	f) Organização espaço-temporal.	
	g) Formas de socialidade.	
– Matriz Institucional:		
a) Órgãos públicos atuantes na área.		
b) Representação civil.		
c) Grupos de interesses.		
d) Vulnerabilidade das comunidades locais face à modernidade.		
e) Políticas públicas para o bem-estar social e redução da pobreza voltadas para a região.		

4.3.5 Componente-síntese: Organização Territorial

Este componente compreende os processos que determinam a organização e dinâmica do território e, por consequência, sua paisagem e seus padrões de ocupação. Engloba as formas e os objetos criados pelo homem dispostos sobre a superfície do território e relacionados entre si, traduzindo-se nas formas de uso e ocupação do território e na articulação entre suas diferentes porções, estabelecida através das redes de comunicação e de circulação de bens e de pessoas.

Os elementos de caracterização selecionados visam reunir informações sobre a organização do espaço e da paisagem, destacando o papel dos recursos hídricos nesta organização, sobre os fluxos de circulação e comunicação e sobre a organização político-administrativa do território. Essas informações encontram-se resumidas no Quadro 4.3.5.01 e estão organizadas sob os aspectos indicados a seguir:

- Dinâmica demográfica.

- Ocupação do território.
- Circulação e comunicação.
- Organização político-administrativa.

Dinâmica Demográfica

Com relação à dinâmica demográfica, tem-se como objetivo analisar dois aspectos, apresentados a seguir:

- Evolução das populações urbana e rural, por município.

O comportamento da população deverá ser observado, tendo em vista os processos relativos à dinâmica de crescimento populacional propriamente dita, com ênfase à contribuição dos movimentos migratórios. Os indicadores mais comumente utilizados são: taxa de crescimento urbano, rural e total; taxa média geométrica de incremento anual e saldo líquido migratório.

- Estrutura e distribuição espacial das populações urbana e rural, por município.

Estes elementos permitem analisar a distribuição espacial da população, os aspectos referentes à mobilidade populacional e o quadro urbano nos padrões de ocupação resultantes. Os indicadores estatísticos mais comumente utilizados são: a densidade demográfica e o grau de urbanização.

Ocupação do Território

Deverão ser examinados a dinâmica e os condicionantes de ocupação do território, com destaque para o papel exercido pelos recursos hídricos, a partir da observação dos aspectos listados a seguir:

- Processo histórico de ocupação do território da bacia.

As informações a serem analisadas deverão permitir a apreensão dos principais processos relacionados à ocupação do território, os agentes responsáveis e as formas de apropriação adotadas. Bibliografias local e regional, associadas a entrevistas, se constituem nas principais fontes de informação.

- Condicionantes ambientais do território, que apontem indução ou restrição à ocupação.

Deverão ser identificados e localizados no território os condicionantes à ocupação humana, (a) de caráter restritivo, tais como áreas de erosão e declividade acentuadas, áreas inundáveis e inundadas, bem como áreas ocupadas por instalações especiais (instalações militares, aproveitamentos existentes); e (b) de caráter indutivo, como por exemplo, áreas comprometidas com a ocupação urbana, já loteadas, áreas de expansão de infra-estrutura viária, áreas supridas por serviços de transportes, áreas com aptidão agrícola e áreas de assentamento agrícola.

Estas informações serão obtidas a partir dos levantamentos realizados para a elaboração do diagnóstico dos Processos e Atributos Físicos e dos Ecossistemas Aquáticos e Terrestres, bem como a partir da consulta aos órgãos governamentais.

- Características, distribuição espacial das categorias de uso do solo e respectiva intensidade de uso.

Deverão ser identificados e localizados os diferentes usos do solo. A partir de macrocategorias de uso (tais como urbano e rural), deverão ser distinguidas as subcategorias e, para cada uma delas, identificadas suas características básicas e a intensidade de uso. Poderá ser útil confrontar os usos de fato estabelecidos com os usos propugnados por planos e pela legislação. Deverão ser analisadas as tendências de expansão dos centros urbanos, da infra-estrutura (saneamento, comunicação, habitação) e de redes viárias (rodo, hidro e ferroviária).

Deverão ser utilizadas informações estatísticas e cartográficas provenientes de agências governamentais locais e regionais, relativas à utilização das terras, colheita e áreas de lavouras temporárias e permanentes, à extração vegetal e silvicultura.

As informações cartográficas advêm principalmente das imagens produzidas por sensoriamento remoto, que deverão ser interpretadas e analisadas, sendo útil a construção de séries históricas da ocupação. Os Planos Diretores municipais e os planos de ordenação do solo constituem fonte de informações muito importante, que devem ser complementadas através de pesquisas de campo.

- **Função do recurso hídrico na organização do território.**

Para se examinar o papel do recurso hídrico, no contexto local e regional da bacia, deverão ser considerados a conformação espacial do(s) recurso(s) hídrico(s), seu papel nas redes de circulação e nas formas de estruturação do território da bacia, bem como os usos efetivos das águas.

Esta observação é essencialmente qualitativa e interpretativa, sendo indispensável estabelecer referências no contexto histórico-regional e no contexto das políticas públicas regionais.

- **Principais usos da água e estimativa do contingente de usuários, por tipo de uso.**

Deverão ser identificados e localizados, em cartografia apropriada, os principais usos da água, e estimado o contingente de usuários concernidos por cada uso, destacando-se os conflitos existentes e potenciais. A partir da identificação das áreas de concentração de usuários e agentes envolvidos, deverão ser destacadas as relações de causalidade.

Essas informações são eminentemente qualitativas e interpretativas, sendo indispensáveis entrevistas em agências regionais e locais de gestão urbana, socioambiental e de recursos hídricos.

É indispensável compatibilizar estas informações com aquelas utilizadas na construção do cenário de usos múltiplos da água, elaborado no item 4.2.

- **Relações urbano-rurais e padrões de assentamento resultantes.**

Deverão ser identificados os padrões de assentamento e de relações entre cidade e campo específicos da região de estudo, tendo como base as pesquisas do IBGE sobre divisão regional e regiões funcionais urbanas.

- **Programas de desenvolvimento existentes e planejados.**

Deverão ser identificados e localizados os investimentos públicos e privados, previstos e em implantação, que tenham papel significativo no desenvolvimento local e regional. As principais informações são encontradas nas agências governamentais locais e regionais e deverão ser complementadas por entrevistas.

Circulação e Comunicação

Deverão ser caracterizados os principais fluxos de circulação de pessoas, bens e serviços estabelecidos no território da bacia hidrográfica, seus respectivos suportes materiais (infra-estrutura e equipamentos de porte), bem como o papel exercido por eles na organização territorial, e representadas as principais direções e sentidos de circulação. Para tanto, deverão ser observados os aspectos listados a seguir:

- **Localização e características dos núcleos urbanos: diversidade e hierarquia funcional.**

Deverão ser localizados os principais núcleos urbanos e analisada sua capacidade e raio de atendimento dos equipamentos de produção, consumo e serviços. São aqui abrangidos os equipamentos de porte local e extra local, tais como unidades armazenadoras de produtos agropecuários e de mercadorias para transporte; prestadoras de serviços de saúde, educação e transporte interurbano de passageiros e carga; estabelecimentos bancários, crédito e financiamento; equipamentos de lazer de importância supralocal; centrais de abastecimento de hortifrutigranjeiros e outras mercadorias. Deve-se incluir cooperativas, instituições religiosas e governamentais prestadoras de serviços.

- **Localização, características e importância relativa dos sistemas rodo, hidro e ferroviário**

Deve-se identificar, mapear e qualificar as funções exercidas pelas rodovias, ferrovias e trechos de cursos d'água utilizados como hidrovias. As principais fontes são os mapas viários produzidos por agências governamentais federais, estaduais e municipais.

- Relações origem-destino e articulação intermodal.

Deverão ser identificados os principais pontos de origem e de destino dos fluxos mais importantes de pessoas e bens, e seu respectivo meio de transporte. Torna-se necessário também identificar e mapear os pontos de interligação entre os diferentes sistemas de transporte de passageiros e carga (dentro dos macrossistemas rodoviário, ferroviário, hidroviário e aeroviário, capacidade e porte).

As principais informações são obtidas nos órgãos públicos encarregados da administração dos sistemas viários, da concessão e administração dos sistemas de transporte – onde estão disponíveis dados como volume de tráfego, fluxo de carga, número de passageiros por período, volume de carga por período.

Organização Político-administrativa

Deverão ser examinados os aspectos da administração pública direta (notadamente no nível municipal) e simultaneamente relacionados ao território e ao contingente populacional. Deverão ser considerados os seguintes elementos:

- Localização das sedes municipais e distritais.
- Superfície territorial municipal circunscrita pela bacia e relação com a superfície total.
- Localização e raio de atendimento das principais instituições públicas municipais, estaduais e federais.

Deverão ser inventariadas e situadas as localidades-sede de órgãos públicos locais e regionais e os serviços prestados pelos órgãos públicos municipais em cada circunscrição administrativa.

- Colégio eleitoral e representação nas instâncias parlamentares municipais, estaduais e federais.

Deverão ser identificados, para cada município, o número de eleitores e a relação com a população total; a bancada de vereadores e a contribuição relativa à bancada de deputados estaduais e federais.

Para a coleta e produção de informações deve-se recorrer às prefeituras municipais e ao Tribunal Regional Eleitoral.

Gestão do Território

Deverão ser identificadas as políticas públicas e a legislação relacionada ao desenvolvimento local e regional de modo a caracterizar a articulação político-institucional existente. Os planos, programas e projetos das áreas social e econômica voltados para a região em todas as esferas da administração pública devem também ser examinados.

Deverá ser realizado um levantamento dos principais agentes sociais públicos, privados, e do terceiro setor com atuação relevante na área de estudo.

Como fontes importantes a serem consultadas destacam-se os documentos produzidos pelos Ministérios de Planejamento, de Integração Nacional, de Meio Ambiente, de Agricultura, de Desenvolvimento Social e as Secretarias de Planejamento Estaduais.

Resultados do Diagnóstico

A síntese dos elementos de caracterização deverá possibilitar a compreensão e caracterização dos processos que determinam a organização do território e seus padrões de ocupação. A partir da observação do grau de urbanização, da presença de centros urbanos dotados de capacidade polarizadora, da infra-estrutura viária, de equipamentos de circulação de bens e pessoas, e da manutenção de relações de troca e/ou dependência em relação a outras regiões, é importante perceber quais são os processos estruturantes desta organização.

Para a representação espacial do componente “Organização Territorial”, deverão ser mapeadas as seguintes informações:

- Limites político-administrativos, sedes municipais e distritais.
- Densidade populacional dos municípios.
- A distribuição relativa e o crescimento relativo da população urbana.
- Núcleos urbanos; hierarquia funcional e grau de urbanização.
- Sistemas rodo, hidro e ferroviário; rede existente e planejada.
- Origem-destino dos principais fluxos de bens e população; e pontos de articulação intermodal.
- Padrões dominantes de uso e ocupação do solo.
- Intensidade de ocupação dos solos agrícolas.
- Ocorrência de equipamentos de porte e capacidade de atendimento supralocal (silos, armazéns, equipamentos de saúde, estocagem etc.).
- Grandes projetos extrativos, agropecuários e industriais, existentes e planejados.

No mapa resultante, serão delimitadas subáreas, tendo em vista a classificação da área de estudo em função do nível de integração. Esta integração poderá ser observada a partir da análise conjugada de todas essas informações. Poderão ser utilizadas, por exemplo, as seguintes categorias:

- Áreas de integração incipiente (baixo grau de urbanização, acessibilidade precária).
- Áreas em transição (proximidade à malha viária, ocorrência de atividades que apontam para possibilidade de integração, grau de urbanização em crescimento, presença de pontos de integração intermodal).
- Áreas integradas ou de integração consolidada (alto grau de urbanização, centros urbanos dotados de capacidade polarizadora, alto grau de acessibilidade, equipamentos de porte extralocal).

Esse mapa deverá ser acompanhado de uma descrição, caracterizando cada subárea, enfatizando os processos mais relevantes para sua definição, situando-os no contexto da área de estudo, buscando compreender as relações existentes entre as subáreas. As áreas mais sensíveis à implantação de empreendimentos hidroelétricos deverão ser apontadas, bem como aquelas que apresentam potencialidades que podem ser promovidas com a implantação dos empreendimentos. O mapa será utilizado na formulação das alternativas de divisão de queda e na identificação e avaliação dos impactos e, posteriormente, na AAI da alternativa selecionada.

Quadro 4.3.5.01 – Elementos de caracterização do componente-síntese Organização Territorial.

Componente	Elementos de Caracterização	Fonte
Organização Territorial	<ul style="list-style-type: none"> – Dinâmica Demográfica: <ul style="list-style-type: none"> a) Evolução das populações urbana e rural, por município. b) Estrutura e distribuição espacial das populações urbana e rural, por município. c) Importância relativa à população total. d) Grau de urbanização. – Ocupação do Território: <ul style="list-style-type: none"> a) Processo histórico de ocupação. b) Condicionantes ambientais do território, que apontem indução ou restrição à ocupação. c) Características, distribuição espacial das categorias de uso do solo e respectivas intensidade de uso. d) Função do recurso hídrico na organização do território. e) Principais usos da água e estimativa do contingente de usuários, por uso. f) Relações urbano-rurais e padrões de assentamento resultantes. g) Avaliação e localização do patrimônio histórico, cultural e dos principais sítios arqueológicos, paleontológicos e espeleológicos. h) Existência de conflitos pelo uso da terra e da água. i) Programas de desenvolvimento existentes e planejados. – Circulação e Comunicação: <ul style="list-style-type: none"> a) Localização e características dos núcleos urbanos: diversidade e hierarquia funcional. b) Localização, capacidade e raio de atendimento dos equipamentos de produção, consumo e serviços. c) Localização, características e importância relativa dos sistemas rodovia, hidro e ferroviário. d) Relações origem-destino e articulação intermodal. – Organização Político-administrativa: <ul style="list-style-type: none"> a) Localização das sedes municipais e distritais. b) Colégio eleitoral e representação nas instâncias parlamentares municipais, estaduais e federais. c) Superfície territorial municipal e relação com a superfície total. d) Localização e raio de atendimento das principais instituições públicas municipais, estaduais e federais. – Gestão do Território <ul style="list-style-type: none"> a) Articulação político-institucional: informações sobre políticas públicas e legislação voltada para o desenvolvimento local e regional. b) Planos, programas e projetos em todos os níveis, das áreas sociais e econômicas. c) Principais agentes sociais que atuam na bacia (presença de ONGs, ações da igreja; associações etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> – Censo Demográfico Comercial e Serviços (IBGE). – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (IBGE). – Anuário Estatístico do Brasil (IBGE). – Censo Agropecuário (IBGE). – Produção Agrícola Municipal (IBGE). – Pesquisa da Pecuária Municipal (IBGE). – Produção e Extração Vegetal e Silvicultura (IBGE). – Cidades e Vilas do Brasil (IBGE). – Divisão Territorial do Brasil (IBGE). – Divisão do Brasil em Microregiões Homogêneas (IBGE). – Divisão do Brasil em Regiões Funcionais Urbanas (IBGE). – Cadastro de Áreas Especiais (IBGE). – Censo Agropecuário (IBGE). – Planos Diretores Municipais. – Pesquisas e Teses Universitárias. – Anuários Estatísticos Estaduais. – FUNAI. – INCRA, SEPPPIR. – MMA, INPRA, OEMAS – unidades de conservação federais e estaduais. – Mapas do Sistema Viário. – Imagens Landsat e Spot. – Mapeamento Ambiental da Ocupação de Terras (EMBRAPA). – Cadastro de Estabelecimentos de Saúde (IBGE). – Ministério da Fazenda, Secretaria da Receita Federal. – Secretarias de Fazenda Estaduais e Municipais.

4.3.6 Componente-síntese: Base Econômica

Neste componente, estão reunidas as atividades econômicas significativas para a economia e a qualidade de vida da área de estudo e os recursos ambientais que se constituem em potencialidades para suporte às atividades econômicas futuras.

Os elementos de caracterização selecionados visam organizar e interpretar informações de modo a se obter um perfil da economia, tanto de mercado quanto de subsistência, contextualizado nas escalas local e regional, de modo a construir uma visão das atividades que dão sustentação econômica à região compreendida pela área de estudo.

Para tanto, deverão ser levantados e localizados os principais bens e atividades econômicas, privilegiando os seguintes aspectos, resumidos no Quadro 4.3.6.01:

- Atividades econômicas.

- Potencialidades da bacia.
- Finanças municipais.

Atividades Econômicas

Deverão ser inventariadas as atividades econômicas (de mercado e de subsistência) de maior expressão para a economia da região e a qualidade de vida de seus habitantes. Entretanto, não se trata de caracterização econômica tradicional. Interessa, então:

- Construir uma visão integrada das atividades econômicas da área de estudo.
- Identificar e qualificar as relações estabelecidas com a base de recursos naturais.
- Selecionar indicadores quantitativos para aquelas atividades significativas.
- Identificar e localizar no território as atividades em exercício vinculadas à qualidade de vida das populações residentes, expressivas para a economia.
- Identificar estabelecimentos e suas áreas de concentração vinculados à manutenção de determinado padrão de qualidade de vida (por exemplo, setor de alimentação, setores essenciais responsáveis por emprego e renda). Ou seja, deverão ser elaboradas a relação, a qualificação e a localização espacial dos referidos bens-suporte e estabelecimentos.
- Identificar as atividades econômicas diretamente vinculadas ao rio, seja porque funcionalmente relacionadas, seja por estarem situadas na bacia de drenagem dos futuros reservatórios.
- Identificar os condicionantes de caráter locacional das principais atividades econômicas, suas relações físico-espaciais com os fornecedores de insumos e com os consumidores (evolução cronológica).

A caracterização deverá ser desenvolvida em dois níveis, geral e setorial. A caracterização geral deverá fornecer uma visão global e compreensiva da economia da área de estudo. Nela, deverão ser destacadas as atividades ligadas ao setor primário e, em particular, aquelas relacionadas aos recursos hídricos.

A caracterização setorial deverá ser realizada a partir da caracterização geral, de modo a fornecer uma visão mais aprofundada e detalhada das atividades consideradas de especial importância para o estudo.

Os elementos de caracterização relativos às atividades econômicas deverão quantificar e correlacionar as informações apresentadas a seguir:

- Estrutura produtiva
 - Setor primário: Estrutura fundiária, pauta produtiva, número de estabelecimentos, pessoal ocupado (PO), valor da produção, superfície ocupada; extrativismo mineral (número de garimpos e jazidas em exploração).
 - Setor secundário: Número de estabelecimentos, pessoal ocupado (PO), valor bruto e de transformação, evolução, relações entre os principais ramos e setores.
 - Setor terciário: Número de estabelecimentos, pessoal ocupado (PO), receita total, arrecadação ICMS e ISS.
- Características, capacidade de geração de renda e emprego e localização espacial dos principais ramos e estabelecimentos.
- Atividades econômicas vinculadas à manutenção da qualidade de vida das populações residentes (por exemplo: Setor de alimentação e setores responsáveis por significativa absorção de mão-de-obra).
- Mercados atendidos.
- Atividades econômicas relacionadas aos recursos hídricos; contingente populacional afeto a cada uso econômico.
- Formas de apropriação dos recursos (intensivo/extensivo, grau de mecanização).

- Importância econômica e social das atividades.

As informações são provenientes de fontes secundárias. Para os dados relativos às receitas decorrentes da circulação de mercadorias e prestação de serviços, as principais fontes são o Ministério da Fazenda, Secretaria da Receita Federal e as Secretarias de Fazenda estaduais e municipais.

É indispensável também a produção de dados primários para os quais as entidades sindicais e as organizações de caráter cooperativista são interlocutores importantes.

Recursos e Potencialidades da Bacia Hidrográfica

Deverão ser inventariados, qualificados e localizados espacialmente os recursos ambientais dotados de potencial valor econômico e que possam vir a dar suporte às atividades econômicas futuras (potencialidades). Deverão ser destacados os usos econômicos, efetivos e potenciais das águas.

- Características e respectiva localização espacial:

- recursos minerais;
- áreas de potencial agrícola;
- potencial energético, madeireiro, pesqueiro, extrativista, biológico, genético e turístico;
- espécies de valor econômico, medicinal e alimentar;
- usos potenciais e efetivos do recurso hídrico; contingente populacional afeto/uso;
- investimentos e programas de desenvolvimento;
- infra-estrutura e redes viárias existentes e planejadas.

Cabe observar que os aspectos relativos ao patrimônio (histórico, cultural, paisagístico, arqueológico espeleológico e ecológico) serão aqui tratados a partir de seu potencial turístico e de lazer, tendo em vista avaliar seu potencial econômico.

- Condicionantes ambientais das atividades (indução/restrrição) e fatores de pressão sobre os recursos naturais.

A análise desses elementos é eminentemente qualitativa, tendo como base as informações relativas aos processos e atributos físicos, aos ecossistemas aquáticos e terrestres, bem como à organização territorial e aos modos de vida.

Finanças Municipais

A dimensão econômico-financeira da administração municipal deverá ser observada a partir das informações vinculadas à geração de receitas públicas (finanças municipais). Nesse sentido, interessa caracterizar as receitas municipais diretamente associadas às atividades econômicas, ao contingente populacional e à extensão territorial das municipalidades. Deverão ser analisados os seguintes aspectos:

- Receitas decorrentes da arrecadação de tributos municipais: Impostos, taxas e contribuição de melhoria.
- Receitas decorrentes de transferências da União e do Estado: Deve-se caracterizar a estrutura da receita tributária estreitamente vinculados à extensão territorial e ao contingente populacional, em particular, aquela derivada do Fundo de Participação dos Municípios.

Deve-se procurar detectar a necessidade de levantamento de informações complementares para retratar especificidades de cada caso

Resultados do Diagnóstico

A síntese dos elementos de caracterização deverá possibilitar uma visão integrada das atividades existentes e potenciais que dão sustentação econômica à região compreendida pela área de estudo, devendo ser identificados seus elementos estruturantes.

Para a representação espacial do componente “Base Econômica”, é necessário realizar a síntese integrada da ocorrência dos principais elementos relacionados ao exercício das atividades econômicas (áreas produtivas, áreas de concentração de estabelecimentos, ocorrência de empreendimentos de porte), dos recursos-suporte e as potencialidades. Para tanto, poderão ser elaborados um ou mais mapas, contendo os seguintes elementos:

- Áreas de produção agropecuária.
- Grandes projetos extrativistas e agropecuários, existentes e planejados.
- Áreas de concentração industrial e distritos industriais, existentes e planejados.
- Áreas de potencial agrícola.
- Áreas de concentração do setor terciário.
- Áreas de vegetação original.
- Ocorrência de recursos minerais, energético, madeireiro, extrativista, biológico e genético; espécies de valor econômico, medicinal, alimentar.
- Mercados atendidos e importância relativa aos mercados local e regional.
- Áreas de interesse turístico e lazer.
- Áreas sob proteção legal (Unidades de Conservação, Terras Indígenas).

Deverá também ser representado o panorama dos usos das águas, com a indicação da concentração de usuários dos recursos hídricos, localização dos agentes responsáveis por usos consuntivos, pontos de conflito, fluxos de navegação comercial e não comercial. Essas informações deverão ser compatibilizadas com aquelas utilizadas no componente-síntese Organização Territorial (item 4.3.5) e na construção do cenário de outros usos da água (item 4.2).

No mapa resultante, serão delimitadas subáreas, conforme definido na introdução deste item 4.3, em função, por exemplo, da ocorrência de estruturas de produção semelhantes, padrões homogêneos de consumo, distribuição similar da força de trabalho, concentração de atividades econômicas e/ou abundância de determinado recurso natural dotado de potencial econômico. As áreas mais sensíveis à implantação de empreendimentos hidrelétricos deverão ser apontadas, bem como aquelas que apresentam potencialidades que podem ser promovidas com a implantação dos empreendimentos.

Esse mapa deverá ser acompanhado de uma descrição, caracterizando cada subárea, enfatizando os aspectos mais relevantes para a sua definição, situando-os no contexto da área total de estudo, buscando compreender as relações de cada subárea com as demais. Este mapa será utilizado na formulação das alternativas de divisão de queda e na identificação e avaliação dos impactos ambientais e, posteriormente, na AAI da alternativa selecionada.

Os pesos relativos entre as subáreas, que representam a importância dos processos que a caracterizam para a dinâmica do componente-síntese na área de estudo, deverão também ser definidos neste momento.

Quadro 4.3.6.01 – Elementos de caracterização do componente-síntese Base Econômica.

Componente	Elementos de Caracterização	Fonte
Base Econômica	<ul style="list-style-type: none"> – Atividades Econômicas (caracterização geral e setorial): a) Características, capacidade de geração de renda e emprego, e localização espacial dos principais ramos produtivos e estabelecimentos. b) Estrutura produtiva. c) Setor primário: estrutura fundiária, pauta produtiva, número de estabelecimentos, população economicamente ativa (PEA), pessoal ocupado (PO), valor da produção e superfície ocupada. d) Setor secundário: número de estabelecimentos, PEA, PO, valor bruto e de transformação, relações cronológicas evolutivas dos principais ramos e setores. e) Setor terciário: número de estabelecimentos, PEA, PO, receita total, arrecadação ICMS e ISS. f) Atividades econômicas vinculadas à manutenção da qualidade de vida das populações residentes (por exemplo: setor de alimentação e setores responsáveis por absorção de mão de obra). g) Atividades econômicas relacionadas aos recursos hídricos. h) Formas de apropriação dos recursos (intensivo/extensivo, grau de mecanização). i) Mercados atendidos e importância econômica e social das atividades econômicas. 	<ul style="list-style-type: none"> – Censos Industrial, Comercial, Serviços e Agropecuário (IBGE). – Censo Demográfico (IBGE). – Pesquisa de Estoques (IBGE). – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE). – Produção Pecuária Municipal (IBGE). – Produção Agrícola Municipal (IBGE). – Produtos da Extração Vegetal e Silvicultura (IBGE). – RAIS – Relação Anual de Informações Sociais (IBGE). – Cadastro de Espécies Vegetais e Produtos de Importância Econômica (IBGE). – RADAM BRASIL, levantamento de recursos naturais (IBGE). – Indicadores Econômicos (FGV). – Cadastro de Áreas Especiais (IBGE). – Mapas do Sistema Viário. – Imagens orbitais. – Pesquisas e Teses Universitárias. – Secretarias Estaduais e Municipais. – Plano Nacional de Recursos Hídricos. – ANA. – EMBRAPA. – EMATER. – MAPA. – SEAP. – IBAMA. – MDA. – INPRA.
	<ul style="list-style-type: none"> – Recursos e Potencialidades da Bacia Hidrográfica: a) Características e respectiva localização espacial. b) Recursos minerais. c) Áreas de potencial agrícola. d) Potencial energético, madeireiro, extrativista, biológico, genético e turístico. <ul style="list-style-type: none"> 1. Espécies de valor econômico, medicinal e alimentar. 2. Usos potenciais e efetivos dos recursos hídricos. 3. Infra-estrutura existente e planejada. 4. Investimentos e programas de desenvolvimento existentes e planejados. e) Condicionantes ambientais das atividades (indução/restrrição) e fatores de pressão sobre os recursos naturais. – Finanças: <ul style="list-style-type: none"> a) Arrecadação de tributos municipais. b) Participação em receitas tributárias da União e do Estado. 	

4.3.7 Componente-síntese: Populações Indígenas/Populações Tradicionais⁹

Com este componente-síntese, objetiva-se destacar a presença de grupos que demandam tratamento especial por serem protegidos por legislação federal devido à sua especificidade cultural. Este componente visa apreender a forma pela qual estes grupos se organizam e garantem sua reprodução sociocultural e, nesse sentido, o tratamento dispensado a este componente se assemelha àquele referente ao componente-síntese Modos de Vida.

Os elementos de caracterização selecionados visam possibilitar a produção de conhecimento sobre o que dá lógica/significado a determinado grupo indígena, de modo a que se compreenda suas formas de reprodução da vida social. Em outras palavras, deve-se procurar perceber a relação existente entre as “estratégias de sobrevivência” e as “formas de socialidade” de cada grupo para identificar as situa-

⁹ Os procedimentos aqui sugeridos foram inicialmente propostos para as populações indígenas, mas poderão ser adaptados para todo e qualquer grupo cuja especificidade cultural demande tratamento especial, tal como os remanescentes de quilombos.

ções que freqüentemente dão conta da lógica/sentido e significados que orientam as realidades sociais (contradições/conflitos).

As principais fontes de informações são os documentos produzidos pelos órgãos governamentais e institutos de pesquisas, além dos estudos e teses acadêmicas, complementados com pesquisa de campo.

Os elementos de caracterização selecionados são descritos a seguir.

Aspectos Etno-históricos

Os aspectos aqui agrupados estão voltados para a observação das diferenças e especificidades das etnias e para a produção de conhecimento sobre a forma historicamente construída de relacionamento do povo indígena com seu meio ambiente. Os seguintes elementos deverão ser considerados:

- Conhecimento arqueológico da região.
- Trajetória histórica do grupo.

Aspectos Demográficos

Deverá ser caracterizado o comportamento demográfico da população indígena, de modo a observar suas modificações no tempo e no território, tendo em vista conhecer seus processos de (re)adaptação a novas situações, a partir dos seguintes elementos de caracterização:

- Tamanho e densidade demográfica.
- Avaliação dos índices demográficos.

Aspectos Etno-ecológicos

Estes aspectos articulam-se com o referente à tradição cultural, do ponto de vista dos valores que orientam a relação índio/natureza. Destacam a importância da relação entre população indígena e território, observando os valores que norteiam esta relação e as formas de apropriação deste recurso e dos demais. Além disso, deverão ser observados os padrões culturais, as explicações e sanções de ordem mitológica e as visões de mundo que constituem a identidade cultural dos grupos. Esta identidade é constituída por parâmetros básicos de herança histórica, de vínculos comunitários e de relações antinômicas com a sociedade nacional. Para sua composição, deverão ser considerados os seguintes elementos de caracterização:

- Valores e crenças.
- Sítios sagrados.
- Valores que orientam a relação índio/natureza (etno-ecológicos).
- Tamanho, natureza e construção histórica do território.
- Avaliação dos índices de perdas de território.
- Patrimônio geomorfológico.
- Formas de apropriação dos recursos naturais (minerais, solo, hídricos, florestais).
- Avaliação do potencial de sustentabilidade do território para a reprodução social do grupo.

Condições Materiais de Sobrevivência

Considerando que, em termos “econômicos”, os grupos indígenas e demais grupos com especificidades culturais podem ser autônomos, semi-autônomos ou integrados, devem ser caracterizadas suas formas de produção, distribuição e consumo, tendo em vista sua maior, menor ou nenhuma integração ao mercado. Ou seja, deverão ser observadas as formas de produção econômica, uso do solo, conhecimento da fauna e flora e a racionalização dessa utilização face ao uso de produtos comerciais. Deverão ser levantados os seguintes elementos de caracterização:

- Dinâmica socioeconômica da região interétnica.
- Relações de integração com o mercado.
- Condição legal dos territórios (terras indígenas demarcadas, áreas indígena em processo de demarcação e demandas para demarcação, áreas de quilombos demarcadas, em processo de demarcação e demandas para demarcação etc.).
- Condicionantes ambientais da bacia (áreas de várzea – dinâmica de cheias, áreas de erosão, aptidão agrícola, compartimentação do relevo).

Organização Social, Cultural e Política

Deverão ser destacadas as formas de organização dos grupos (eixos de solidariedade/reciprocidade versus eixos de rivalidades), observando a existência ou não de unidade política intragrupo e/ou entre etnias diferentes, bem como seu estágio de representação institucional. Os elementos de caracterização, citados a seguir, deverão permitir caracterizar as relações entre os povos indígenas e a sociedade nacional (relacionamento interétnico), avaliando as mudanças que porventura tenham ocorrido e seus efeitos sobre o território:

- Formas religiosas e suas relações com a sociedade envolvente.
- Unidade étnica.
- Formas de relação com outros grupos.
- Filiação lingüística.
- Eixos de solidariedade recíproca/eixos de rivalidade.
- Formas e natureza do contato com a sociedade envolvente (relacionamento interétnico).

Resultados do Diagnóstico

A partir da síntese dos elementos de caracterização referidos às estratégias de sobrevivência e às formas de socialidade, será possível identificar para cada grupo as situações que dão conta da lógica que orienta as realidades sociais (situações de conflito, existência de invasão de território, condição de proteção legal, organização do grupo, bem como o limite das condições etno-ecológicas).

Para a representação espacial deste componente, as informações relativas aos elementos de caracterização deverão ser mapeadas e analisadas em conjunto com os mapas contendo as informações relativas aos processos e atributos físicos da área de estudo, de modo a permitir a delimitação do território no qual cada grupo étnico se manifesta.

Na área de estudo, deverão ser delimitados os territórios ocupados por cada grupo identificado. Esse mapa deverá ser acompanhado de uma descrição, caracterizando cada grupo étnico. As áreas mais sensíveis à implantação de empreendimentos hidrelétricos deverão ser apontadas. Ao contrário dos demais componentes-síntese, não deverão ser definidas subáreas como unidades espaciais de análise, uma vez que os processos relativos a este componente não apresentam uma continuidade na área de estudo. Assim, para esse componente, considera-se uma única unidade espacial de análise, ou seja, toda a área de estudo, onde deverão estar localizadas as Terras Indígenas e/ou de populações tradicionais.

Quadro 4.3.7.01 – Elementos de caracterização do componente-síntese População Indígena/População Tradicional.

Componente	Elementos de Caracterização	Fonte
Populações Indígenas/ Populações Tradicionais	<ul style="list-style-type: none"> – Aspectos Etno-Históricos: <ul style="list-style-type: none"> a) Conhecimento arqueológico da região. b) Trajetória histórica do grupo. – Aspectos Demográficos: <ul style="list-style-type: none"> a) Tamanho e densidade demográfica. b) Avaliação dos índices de perdas demográficas. – Aspectos Etno-Ecológicos: <ul style="list-style-type: none"> a) Valores e crenças. b) Sítios sagrados. c) Valores que orientam a relação índio/natureza (etno-ecológico). d) Tamanho, natureza e construção histórica do território. e) Avaliação dos índices de perda de território. f) Patrimônio geomorfológico. g) Formas de apropriação dos recursos naturais (minerais, solo, hídricos e florestais). h) Potencial de sustentabilidade do território para a reprodução social do grupo. – Condições Materiais de Sobrevivência: <ul style="list-style-type: none"> a) Dinâmica socioeconômica da região interétnica. b) Relações de integração com o mercado. c) Condição legal do território. d) Condicionantes ambientais do território (áreas de várzea – dinâmica das cheias, áreas de erosão, aptidão agrícola, compartimentação do relevo). – Organização Social, Cultural e Política: <ul style="list-style-type: none"> a) Formas religiosas e suas relações com a sociedade envolvente. b) unidade étnica. c) Formas de relação com outros grupos. d) Filiação linguística. e) Eixos de solidariedade recíproca/eixos de rivalidade. f) Formas e natureza do contato com a sociedade envolvente (relacionamento interétnico). 	<ul style="list-style-type: none"> – Anuário Estatístico do Brasil (IBGE). – Terras indígenas – Informações disponíveis na Diretoria Fundiária (FUNAI). – Instituto Socioambiental (ISA). – Instituto de Pesquisas Antropológicas do Rio de Janeiro (IPARJ). – Estudos e Teses Acadêmicas. – Pesquisa direta. – SEPPPIR. – INCRA. – MDS. – MDA. – Fundação Cultural Palmares/Ministério da Cultura. – Movimento Negro Unificado. – IBAMA, INPRA, MMA.

4.4 FORMULAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE DIVISÃO DE QUEDAS

Com base nos dados levantados e estudos realizados nos itens 4.1, 4.2 e no diagnóstico socioambiental do item 4.3, devem ser reavaliados os locais de barramento já identificados e as alternativas de divisão de queda formuladas preliminarmente no item 3.4. Nesta fase, devido à evolução dos estudos, poderão ser acrescentados ou eliminados locais barráveis e/ou alternativas de divisão de queda.

A escolha da altura dos barramentos deverá ser compatível com as características topográficas, geológicas e socioambientais de cada local, influenciando também na concepção de locais barráveis à montante.

Embora as alternativas de divisão de queda devam procurar aproveitar a totalidade da queda disponível, é importante desde esta fase, identificar, com base nos estudos realizados e no diagnóstico socioambiental, as restrições que dificultam ou encarecem o aproveitamento do trecho:

- Cidades, vilas ou outras concentrações de população.
- Sítios de reconhecida importância para o patrimônio cultural.
- Áreas industriais e/ou com outras atividades econômicas importantes.
- Jazidas e/ou lavras minerais de alto valor e/ou importância estratégica.
- Terras indígenas e terras ocupadas por remanescentes de quilombos.
- Unidades de conservação.
- Áreas com monumentos de importância histórica e/ou cultural.
- Áreas de importância ambiental como matas primárias e refúgio vegetal ou área de reprodução de espécies raras.

Caso alguma alternativa inclua uma transposição de águas entre sub-bacias, deverá ser feita uma avaliação com extrema cautela, uma vez que implica impactos socioambientais tanto na sub-bacia fornecedora como na sub-bacia receptora. Estes impactos deverão ser avaliados com cuidado nesta fase, para confirmar a vantagem ou desvantagem dessa possibilidade.

De modo geral, as alternativas de divisão de queda deverão procurar incluir reservatórios de regularização nos trechos mais a montante da bacia para que venham a beneficiar os aproveitamentos a jusante, aumentando o conteúdo energético da alternativa. A formação de reservatórios de regularização deverá ser cuidadosamente avaliada para cada bacia estudada. O benefício gerado por esses reservatórios será quantificado pelos estudos energéticos.

4.5 FICHA TÉCNICA DOS APROVEITAMENTOS

Para cada local barrável, deverá ser preenchida a ficha técnica do aproveitamento com as informações e os dados pertinentes, de acordo com a fase de estudos, conforme modelo apresentado no Anexo E.

4.6 ESTUDOS ENERGÉTICOS

Nos Estudos Preliminares, os Estudos Energéticos têm como objetivo a avaliação das possibilidades de geração de cada aproveitamento inventariado e dos seus benefícios energéticos para o sistema de referência considerado, visando o pré-dimensionamento das principais características dos reservatórios, conjuntos turbinas-geradores e avaliações de competitividade econômica de aproveitamentos e de alternativas de divisão de queda como um todo.

Ao se estabelecerem os diversos projetos de um estudo de inventário, não estão ainda definidas as características dos conjuntos turbinas-geradores, sendo então necessários procedimentos de avaliação energética aproximados. Estes procedimentos, descritos a seguir (itens 4.6.1 a 4.6.6), têm como base apenas coeficientes de rendimento e tipos de turbinas, e supõem ainda o aproveitamento energético de toda a produção hídrica natural da bacia durante o período crítico do sistema de referência acrescida dos volumes úteis, descontando-se as perdas por evaporação. Entretanto, na operação real do sistema, as limitações dos conjuntos turbina-gerador e das capacidades de armazenamento dos projetos implicarão vertimentos não aproveitáveis energeticamente. Desta forma, os valores de energia calculados através destes procedimentos simplificados são preliminares, devendo-se repetir as avaliações através dos estudos de simulação, na fase de Estudos Finais, conforme descrito no item 5.3.2.

Como nos Estudos Preliminares o nível de informações sobre a hidrologia e a topografia da bacia é preliminar, pode-se considerar, nesta fase, apenas o uso dos procedimentos simplificados. Desta forma, as retiradas líquidas de água referentes aos usos múltiplos e os volumes alocados para controle de cheias, provenientes do cenário construído para a bacia, podem não ser considerados. Entretanto, devem ser considerados nos casos onde a sua participação na definição/avaliação energética das alternativas de divisão de queda seja extremamente significativa.

A metodologia descrita neste item considera o caso mais complexo, onde os usos múltiplos da água são considerados, porém, sua adaptação para o caso mais simples é imediata. Esta metodologia está implementada no sistema SINV, recomendando-se sua utilização para a realização dos estudos energéticos.

4.6.1 Energia Firme de um Aproveitamento

A energia firme de cada usina pode ser calculada nos Estudos Preliminares pela seguinte expressão:

$$E_f = 0,0088 \times H_{lm_i} \times Q_{lm_i} \quad (4.6.1.01)$$

onde:

E_f	Energia firme do aproveitamento i , em MW médios;
H_{lm_i}	Queda líquida média do aproveitamento i , em metros;
Q_{lm_i}	Descarga líquida média do período crítico do aproveitamento i , em m^3/s ;
0,0088	Coefficiente correspondente ao produto da massa específica da água ($1.000kg/m^3$), pelos rendimentos da turbina (0,93) e do gerador (0,97), pela aceleração da gravidade ($9,81m/s^2$) e pelo fator 10^{-6} que permite expressar a energia em MW médios.

Para a determinação dos valores de H_{lm_i} e Q_{lm_i} é necessário conhecer, para cada aproveitamento, os parâmetros a seguir listados:

- Nível de água máximo normal (NAM_{xn_i}): Corresponde ao máximo nível de água do reservatório em operação normal. Para reservatórios com alocação de volume de espera, considera-se como nível máximo normal o nível correspondente ao volume máximo do reservatório descontado da média dos

volumes de espera alocados a cada mês no aproveitamento (VE_{M_i}), ao longo do período crítico do sistema de referência.

- Nível de água normal a jusante (NA_{jn_i}): Corresponde ao nível de água no canal de fuga; admitido nos Estudos Preliminares como sendo o nível de água natural no local, para uma vazão 10% superior à vazão média no período crítico, ou o NAM_{xn_i} do reservatório imediatamente a jusante, se este nível for mais elevado.
- Queda bruta máxima (Hb_{mxn_i}): Diferença entre o NAM_{xn_i} e o NA_{jn_i} .
- Depleção máxima (d_i) e volume útil (Vu_i): Devido às características das turbinas, a depleção máxima de um aproveitamento estudado na fase de inventário não deve, em princípio, exceder a um terço da queda bruta máxima. A fixação da depleção máxima de cada aproveitamento deve ser feita por processo que corresponda a uma maximização da energia firme da alternativa (item 4.6), observando-se a capacidade de reenchimento do volume útil do reservatório, conforme item 4.6.6.
- Nível de água mínimo normal (NAM_{in_i}): Corresponde ao mínimo nível de água do reservatório em operação normal; sendo obtido deduzindo-se do nível de água máximo normal a depleção máxima.
- Queda bruta mínima (Hb_{min_i}): Diferença entre o NAM_{in_i} e o NA_{jn_i} .
- Nível de água médio (NAM_i) corresponde ao nível de água do reservatório após este ter sido deplecionado de uma parcela do seu volume útil, Vd_i , dada por:

$$Vd_i = \left(\frac{0,5 \times (Vu_i - Vesp_i)}{Vu_i - Vesp_i + 0,5 \times \sum_{k \in M_i} (Vu_k - Vesp_k)} \right) \times (Vu_i - Vesp_i) + Vesp_i \quad (4.6.1.02)$$

onde:

Vd_i	Parcela a ser descontada do volume útil correspondente à depleção média, em m^3
Vu_i	Volume útil do aproveitamento i, em m^3
$Vu_i - Vd_i$	Volume útil, correspondente ao Nível d'água médio, em m^3
$Vesp_i$	Volume de espera no início do período crítico do sistema de referência no aproveitamento i
M_i	Conjunto de aproveitamentos a montante do aproveitamento i, inclusive
k	Índice do aproveitamento a montante do aproveitamento i

- Queda bruta média (Hb_{m_i}): Diferença entre o NAM_i e NA_{jn_i} .
- Quedas Líquidas Máxima, Média e Mínima (Hl_{mxn_i} , Hl_{m_i} , Hl_{min_i}): As quedas líquidas correspondem às quedas brutas – máxima, média e mínima – deduzidas as perdas de carga hidráulicas nos condutos de adução. Nos Estudos Preliminares, as perdas hidráulicas podem ser consideradas como equivalentes a 2% das respectivas quedas brutas para circuitos de geração compactos e a 3% para circuitos de geração longos.
- Descarga líquida média do período crítico (Ql_{m_i}): Corresponde à soma da média das vazões naturais afluentes, no local do aproveitamento, durante o período crítico do sistema de referência, com as vazões provenientes dos volumes úteis dos reservatórios no local e a montante, descontando-se as evaporações e os volumes de espera para controle de cheias correspondentes ao início do período crítico, e as vazões retiradas para contemplar os usos múltiplos da água no local e a montante.

$$Ql_{m_i} = Qn_i - Qr_i + T^{-1} \sum_{k \in M_i} (Vu_k - Vesp_k - Evap_k \times Amed_k \times 10^6) \quad (4.6.1.03)$$

onde:

Ql_{m_i}	Descarga líquida média do período crítico do sistema de referência no local do aproveitamento i, em m^3/s
Qn_i	Média durante o período crítico do sistema de referência das vazões naturais no local do aproveitamento i, em m^3/s

Q_{r_i}	Média durante o período crítico do sistema de referência da soma das retiradas para outros usos no local e à montante do aproveitamento i , em m^3/s
T	Número de segundos do período crítico do sistema de referência do sistema
V_{u_k}	Volume útil do aproveitamento k , em m^3
V_{esp_k}	Volume de espera no início do período crítico no aproveitamento k , em m^3
$Evap_k$	Evaporação líquida total do aproveitamento k durante o período crítico, em m
A_{med_k}	Área do reservatório no aproveitamento k correspondente a NAm_k , em km^2

A evaporação líquida pode ser representada por um único vetor que corresponde aos valores médios mensais, sendo determinado segundo procedimento estabelecido no item 4.1.2.

4.6.2 Energia Firme de uma Alternativa

A partir da definição da queda e descarga líquida média de cada aproveitamento, pode então ser determinado para toda a alternativa de divisão de queda um primeiro valor da energia firme (E_f) da alternativa, através de:

$$E_f = \sum E_{f_i} = 0,0088 \sum HIm_i \times QIm_i \quad (4.6.2.01)$$

Nos Estudos Preliminares, a energia firme de uma alternativa calculada pela fórmula descrita anteriormente corresponde ao ganho de energia firme propiciado ao sistema de referência pelo conjunto de aproveitamentos da alternativa (item 4.6.3).

A energia firme de uma alternativa de divisão de queda e dos projetos que a compõem podem ser obtidas através da função “*Energia Firme*”, opção “sem simulação” do sistema SINV. Além da energia firme, esta função fornece também a Potência Instalada dos aproveitamentos da alternativa em análise.

4.6.3 Ganho de Energia Firme

Na fase de Estudos Preliminares de inventário, a avaliação do potencial energético de uma usina, ou conjunto de usinas, corresponde à determinação aproximada do ganho de energia firme que a usina ou conjunto de usinas pode propiciar ao sistema de referência, considerando que já foram realizados todos os outros aproveitamentos da alternativa, denominado ganho em última adição.

Para a alternativa como um todo, o ganho de energia firme é estimado em nível de Estudos Preliminares pela energia firme da alternativa, calculada conforme item 4.6.2.

O ganho de energia firme atribuído a cada aproveitamento i de uma alternativa de divisão de queda pode ser calculado como:

$$\Delta E_{f_i} = 0,0088 \times (HIm_i \times QIm_i + \frac{V_{u_i} - V_{esp_i}}{T} \times \sum_{k \in J_i} HIm_k) \quad (4.6.3.01)$$

onde J_i é o conjunto dos aproveitamentos pertencentes ao sistema de referência considerado localizados a jusante de i .

O ganho de energia firme de um conjunto de aproveitamentos S pode ser calculado como:

$$\Delta E_{f_s} = 0,0088 \times \left\{ \sum_{i \in S} \left(HIm_i \times QIm_i + \frac{V_{u_i} - V_{esp_i}}{T} \times \sum_{k \in J_i \setminus S} HIm_k \right) \right\} \quad (4.6.3.02)$$

onde $J_i \setminus S$ é o conjunto de aproveitamentos a jusante do aproveitamento i que não pertence ao conjunto S .

4.6.4 Otimização de Volumes Úteis

A determinação dos volumes úteis de cada aproveitamento dentro de uma alternativa deverá ser feita por um processo de otimização. Para tanto, estabelecem-se, inicialmente, em todos os aproveitamentos, depleções máximas correspondentes a um terço das quedas brutas máximas e determina-se, conforme descrito no item anterior, um primeiro valor para a energia firme da alternativa.

Estabelecido o primeiro valor de energia firme, reduz-se arbitrariamente a depleção do último reservatório de jusante, elevando-se o seu NA mínimo. Com isso, reduz-se a vazão regularizada e aumenta-se a queda líquida média do conjunto. Se esta alteração trouxer um aumento na energia firme da alternativa, nova tentativa de redução da depleção deve ser feita, prosseguindo-se enquanto houver aumento no valor de energia firme da configuração. Fixado o volume útil do último reservatório a jusante, o processo é repetido para a penúltima usina de jusante do conjunto e assim, sucessivamente, até o aproveitamento mais a montante do sistema. Em nível de Estudos Preliminares, a experiência mostra que é suficiente realizar uma única interação; porém, cabe ao analista avaliar a conveniência de se obter uma maior precisão em função da natureza dos dados de que dispõe.

Os volumes úteis dos aproveitamentos de uma alternativa podem ser determinados utilizando-se a função “*Otimiza Volume Útil*” do sistema SINV, que executa o processo iterativo descrito acima. Pode-se optar por utilizar a função “*Dimensionamento Energético*”, opção “sem simulação”, do sistema SINV, para dimensionar concomitantemente o volume útil, a potência instalada e a queda de referência dos aproveitamentos.

4.6.5 Potência Instalada

Uma vez estimados os volumes úteis e as energias firmes dos vários aproveitamentos, é necessário calcular as potências instaladas para permitir a concepção dos arranjos e das estruturas, bem como as estimativas de custos correspondentes.

A potência instalada é obtida pela aplicação do fator de capacidade de referência à energia firme do aproveitamento:

$$P_i = \frac{E_f}{F_k} \quad (4.6.5.01)$$

onde:

P_i	Potência instalada, em MW
E_f	Energia firme, em MW médios
F_k	Fator de capacidade de referência

4.6.6 Tempo de Reenchimento dos Reservatórios

Após a obtenção dos volumes úteis e das potências instaladas, é importante verificar se os reservatórios serão capazes de reencher em um período de até 36 meses, contados a partir do fim do período crítico. Recomenda-se verificar se este critério está sendo satisfeito, e caso os volumes úteis destes aproveitamentos não tiverem atendendo a esse critério, eles devem ser reduzidos.

Considera-se que a vazão defluente de um aproveitamento na fase de reenchimento será definida como a vazão média dos m meses ($m = 1, \dots, 36$ meses) subsequentes ao fim do período crítico, debitada das

vazões evaporadas, das vazões médias líquidas retiradas para outros usos e das vazões retidas para reenchimento dos reservatórios a montante do aproveitamento em investigação, inclusive a própria.

$$Q_{defl_i} = Q_{med_m_i} - \sum_{k \in M_i} \left[\left(\frac{Evap_k \times A_{med_k}}{2628} \right) + \left(\frac{Vu_k}{N_{seg}} \right) + Q_{ret_k} \right] \quad (4.6.6.01)$$

onde:

M_i	Conjunto de aproveitamentos a montante de i , inclusive
Q_{defl_i}	Vazão média defluente do aproveitamento i no período de reenchimento, em m^3/s
$Q_{med_m_i}$	Vazão média dos “ m ” meses subsequentes ao período crítico no local do aproveitamento i , em m^3/s
$Evap_{mlt_k}$	Evaporação líquida média no reservatório k , em mm
A_{med_k}	Área do reservatório do aproveitamento k correspondente ao nível do reservatório k , deplecionado de metade do seu volume útil, em km^2
Vu_k	Volume útil do aproveitamento k , em m^3
Q_{ret_k}	Vazão média retirada do reservatório do aproveitamento k , para outros usos, em m^3/s
N_{seg}	Número de segundos nos “ m ” meses

A vazão mínima defluente na fase de operação é definida como o maior valor entre a vazão mínima para atendimento das restrições socioambientais e a vazão para operação de apenas uma unidade geradora.

$$Q_{min_opi} = \text{máximo} \left(Q_{min_ambi}; \frac{P_i F_i}{n_i H_{lm_i} 0,0088} \right) \quad (4.6.6.02)$$

onde:

Q_{min_opi}	Vazão mínima defluente no período de operação do aproveitamento i , em m^3/s .
Q_{min_ambi}	Vazão mínima defluente do aproveitamento i por restrições socioambientais, em m^3/s
P_i	Potência instalada do aproveitamento i , em MW
F_i	Fator que representa o nível mínimo de operação do conjunto turbina-gerador do aproveitamento i (turbina Francis: $F = 0,60$ e turbina Kaplan ou Bulbo: $F = 0,35$)
n_i	Número de unidades do aproveitamento i (Ver item 5.8.2)
H_{lm_i}	Queda líquida média do aproveitamento i , em metros

Por definição, caso a vazão defluente de todos os aproveitamentos seja maior ou igual à vazão mínima defluente (para qualquer hipótese de m variando de 1 a 36 meses), os reservatórios serão capazes de reencher no período considerado. Portanto, os tempos de reenchimento não serão um fator proibitivo para os volumes úteis definidos anteriormente.

Caso contrário, num processo iterativo, do conjunto de aproveitamentos que estão sendo inventariados, deverá ser reduzido o volume útil do reservatório localizado mais a montante na cascata e que tenha apresentado uma vazão defluente inferior à vazão mínima. Esta redução deverá ser suficiente para que a vazão defluente do aproveitamento que está tendo o seu volume útil reduzido seja igual à vazão mínima defluente no período de operação.

Em seguida deverão ser redimensionadas as potências instaladas dos aproveitamentos, e refeita a avaliação dos tempos de reenchimento. Este processo segue até que as vazões defluentes de todos os aproveitamentos sejam maiores que as suas respectivas vazões mínimas, inclusive as vazões mínimas dos aproveitamentos existentes. Observa-se que no caso dos aproveitamentos existentes a garantia de suas vazões mínimas é feita reduzindo-se os volumes úteis dos aproveitamentos ainda não existentes.

A capacidade de reenchimento dos reservatórios de uma alternativa em no máximo 36 meses consecutivos ao período crítico pode ser verificada através da função “*Verificacao do Reenchimento do Volume Útil*”, opção “sem simulação”, do sistema SINV. Esta função executa exatamente o procedimento descrito acima.

4.7 CONCEPÇÃO E ARRANJO DOS APROVEITAMENTOS

Neste item, são apresentados os critérios e instruções específicos para a concepção dos arranjos de aproveitamentos das alternativas formuladas.

Com os dados e informações locais e regionais, coletados e analisados conforme indicado neste capítulo, deverá ser concebido, para cada aproveitamento, um arranjo esquemático que permita a definição aproximada das dimensões das estruturas, com o propósito de obter uma estimativa de custos.

As informações disponíveis deverão permitir a preparação de uma planta planialtimétrica do local das obras, em uma escala compatível com o espaço gráfico do arranjo. Deve-se observar que a preparação desta planta é fundamental e deverá representar a melhor estimativa possível da morfologia local. Em muitos casos, é necessário interpolar curvas de nível. Nesse trabalho, deve-se procurar caracterizar, com a maior precisão possível, as discontinuidades dos taludes das ombreiras e os vales e elevações situados na diretriz de possíveis túneis ou canais de adução. Deve-se colocar nesse mesmo mapa informações geológicas básicas, como espessura de solo e adequação de fundação para concreto.

Uma vez caracterizados os elementos topográficos, deverão ser traçados, sobre essa planta planialtimétrica, as linhas e os contornos principais do arranjo concebido. Na concepção do esquema, deverão ser seguidas, em linhas gerais, as diretrizes indicadas no item 2.5. Para este fim, é necessário definir as dimensões aproximadas das principais estruturas, de modo a possibilitar a estimativa de custo (item 4.10). Após esta determinação, deverão ser definidas, graficamente, a configuração do arranjo em planta e as principais seções transversais e longitudinais. Neste processo, normalmente são feitos ajustes no arranjo até se obter uma configuração adequada, compatível com o grau de precisão das informações disponíveis.

Paralelamente, a área inundada pelo reservatório deverá ser delimitada em um mapa que permita a identificação das terras, cidades e benfeitorias a serem atingidas.

4.8 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NEGATIVOS POR APROVEITAMENTO

Os estudos a serem realizados envolvem a análise dos aproveitamentos quanto aos seus impactos socioambientais negativos sobre cada componente-síntese, consistindo na identificação dos processos impactantes e na avaliação do impacto socioambiental negativo.

Esses estudos têm como objetivos:

- Fornecer informações para a estimativa dos custos socioambientais dos aproveitamentos.
- Atribuir valor aos impactos socioambientais negativos dos aproveitamentos, através dos índices de impacto, os quais serão empregados no cálculo dos índices ambientais negativos das alternativas de divisão de queda, conforme procedimentos definidos no item 4.11.2.
- Indicar a necessidade de ajustes na formulação das alternativas e na concepção dos aproveitamentos, de modo a melhorar seu desempenho com relação ao objetivo de minimização dos impactos socioambientais negativos.
- Identificar os efeitos cumulativos e sinérgicos ao longo das subáreas.

Nos Estudos Preliminares, as análises deverão ser conduzidas para cada aproveitamento isoladamente, sem considerá-lo no contexto das alternativas em que estiver inserido. Uma contextualização diferente tornaria a análise excessivamente complexa e extensa, devido ao elevado número de aproveitamentos e alternativas normalmente considerado. Por esse motivo, tal procedimento deverá ser adotado somente nos Estudos Finais, após a pré-seleção das alternativas mais interessantes sob o ponto de vista econômico-energético e com menor impacto socioambiental negativo.

Para orientar a avaliação, foram definidos indicadores de impacto que representam a síntese dos principais processos impactantes que potencialmente ocorrem quando da implantação de aproveitamentos hidroelétricos sobre cada componente-síntese. Os indicadores devem permitir a quantificação e qualificação dos efeitos de pressões sobre os ecossistemas terrestre e aquático e sobre as interações socioeconômicas devido a implementação dos aproveitamentos hidroelétricos, considerando os usos do solo e dos recursos hídricos da bacia.

Devem ser consideradas também as particularidades dos arranjos concebidos para os aproveitamentos em análise. Nesse sentido, chama-se a atenção para as alterações no regime de vazão a jusante do barramento nos casos, por exemplo, de aproveitamentos com desvio ou derivação do fluxo do rio através de canais de adução ou túneis.

Cada indicador de impacto encontra-se associado a um conjunto de elementos de avaliação que organizam as informações relativas aos processos impactantes. Os indicadores de impacto e os respectivos elementos de avaliação estão apresentados nos itens 4.8.3 a 4.8.8. A avaliação deve permitir a qualificação e quantificação dos indicadores no espaço e nos cenários futuros.

4.8.1 Identificação dos Processos Impactantes

Deverá ser realizada a identificação dos processos impactantes associados a cada aproveitamento. Sugerem-se os procedimentos indicados a seguir:

- Cruzamento dos resultados do diagnóstico socioambiental com as informações relativas aos aproveitamentos propostos. Para tanto, torna-se útil realizar a superposição dos mapas relativos à representação espacial dos componentes-síntese, com sua sub-divisão em subáreas e com as áreas de sensibilidade demarcadas e classificadas com os mapeamentos e arranjos de aproveitamentos resultantes dos estudos de engenharia.
- Caracterização dos principais processos impactantes emergentes da interação aproveitamento-área de estudo, para cada componente-síntese. Recomenda-se que essa análise seja sistematizada em função das subáreas, uma vez que as mesmas destacam os processos preexistentes na área de estudo passíveis de serem afetados pelos aproveitamentos. As áreas de sensibilidade demarcadas servem também de referência para a avaliação, já que processos que afetem as áreas que apresentem maior sensibilidade deverão ter impactos de maior significância. Assim, aproveitamentos situados em uma mesma subárea tenderão a acarretar processos impactantes com perfis semelhantes, diferenciados pelas características específicas dos aproveitamentos e, quando pertinente, por características especialmente relevantes dos seus sítios de implantação como, por exemplo, áreas identificadas como mais sensíveis.
- Seleção dos elementos de avaliação capazes de caracterizar os processos impactantes identificados sobre cada componente-síntese, conferindo ao indicador de impacto capacidade de diferenciação entre os aproveitamentos e, posteriormente, entre as alternativas comparadas. Na seleção dos elementos de avaliação, deverão ser considerados aspectos relativos à área de estudo e às características dos aproveitamentos. Deve-se ainda buscar um equilíbrio entre elementos de avaliação de natureza quantitativa e qualitativa.
- Realização de atividades interdisciplinares, de modo a promover a integração das análises realizadas para os diversos componentes-síntese. Dessa forma, torna-se possível incorporar as interrelações entre os processos impactantes de diferentes componentes através de seus elementos de avaliação.
- Revisão da caracterização dos processos impactantes, por componente-síntese, e da seleção de seus elementos de avaliação em função da integração das análises. Como produto, deve resultar uma descrição geral dos processos impactantes e dos elementos de avaliação adotados. Neste momento, deverão ser apontados aqueles processos para os quais é possível prever ações de controle, de mitigação e de compensação, que serão traduzidas em custos socioambientais, a serem incorporados aos custos de implantação (item 4.10.1). Deverão ser também indicadas eventuais variações nos arranjos dos aproveitamentos que possam contribuir para o seu melhor desempenho sob o ponto de vista dos impactos socioambientais negativos. Adicionalmente, deverão ser identificadas as possíveis interferências do meio ambiente sobre os aproveitamentos para subsidiar o projeto de engenharia e sua estimativa de custo. Observa-se que estas interferências não serão computadas para a avaliação do impacto socioambiental.

4.8.2 Avaliação do Impacto Socioambiental Negativo

Deverá ser procedida a estimativa da intensidade dos impactos socioambientais negativos de cada aproveitamento sobre as subáreas definidas para cada componente-síntese, com base nos indicadores de impacto e seus elementos de avaliação. Os impactos a serem analisados são aqueles para os quais não é possível haver controle ou impactos residuais quando da existência de controle, compensação ou mitigação. São sugeridos, a seguir, os seguintes procedimentos:

- a) Análise dos elementos de avaliação para cada aproveitamento, visando a construção dos indicadores de impacto adotados. Essa análise deverá ser feita por componente-síntese, buscando-se manter um equilíbrio entre elementos de avaliação de natureza quantitativa e qualitativa. Deverão ser indicados os elementos de avaliação e os procedimentos utilizados para a construção de cada indicador, bem como

os critérios definidos para a valoração da intensidade do impacto. Ressalta-se que as áreas apontadas como mais sensíveis nas subáreas subsidiarão a avaliação desta intensidade de impacto.

- b) Atribuição de um índice de impacto negativo sobre componente-síntese, por subárea afetada, para cada aproveitamento proposto. Essa atividade consiste na atribuição de um valor numérico à intensidade do impacto socioambiental negativo do aproveitamento, com base no conjunto dos indicadores de impacto negativo adotados para cada componente-síntese, resultando na necessidade de agregação dos índices relativos a esses indicadores por subárea. A hierarquização dos indicadores segundo a sua importância para a subárea e a atribuição de pesos relativos torna possível esta agregação.

Os índices de impacto negativo deverão ser atribuídos em uma escala contínua variando de zero a um. O zero da escala indica ausência de impacto, enquanto o valor um representa o comprometimento pleno dos processos inerentes ao componente-síntese analisado. Conseqüentemente, os valores intermediários deverão representar os diferentes graus de comprometimento dos processos ambientais preexistentes, em função dos indicadores de impacto negativo definidos para cada componente-síntese. Deverão ser registrados os critérios para a valoração dos índices.

A título de exemplo, apresenta-se no Quadro 4.8.2.01 o resultado da avaliação de impacto por aproveitamento para um determinado componente-síntese.

A equipe que realiza o estudo deverá estabelecer critérios para a atribuição dos graus, buscando o consenso quanto ao significado dos valores intermediários, de modo que os resultados das avaliações dos diversos componentes-síntese sejam comparáveis entre si. Para tanto, recomenda-se a realização de atividades interdisciplinares que possibilitem a padronização de critérios para a bacia estudada, que deverão ser justificados e registrados, de modo a facilitar posteriores atualizações ou revisões dos estudos.

Deve-se ressaltar ainda que o valor máximo da escala de avaliação (um) não deve ser estabelecido por comparação, isto é, não equivale ao maior valor dentre os aproveitamentos da bacia, mas sim a uma situação virtual de total comprometimento, que pode ou não ocorrer.

Deverão ser registrados os critérios para a valoração dos índices.

Observa-se que a valoração dos índices dos aproveitamentos por subárea é condição necessária para possibilitar a posterior composição dos índices de alternativas a partir dos índices dos aproveitamentos que a compõem, conforme os procedimentos definidos no item 4.11.2.

Quadro 4.8.2.01 – Índices de Impacto por Aproveitamento.
Exemplo: Componente-síntese – Modos de Vida.

Aproveitamentos \ Subáreas	I	II	III	IV	V	VI
A		0.10				
B		0.50	0.65	0.10		
C			0.85		0.35	
D			0.70			
E	0.05	0.05				
F		0.08				
G	0.10					
H	0.10				0.10	
I ₁	0.30		0.10		0.30	
I ₂	0.85		0.10		0.85	
J			0.60		0.30	
K	0.45				0.30	
L			0.75	0.40	0.60	
M	0.30					0.40
N	0.50		0.90			
O						0.88

Subáreas	I	II	III	IV	V	VI
Aproveitamentos						
P						0.40
Q ₁						0.80
Q ₂						0.95
R ₁						0.90
R ₂						0.95

- c) Análise dos índices de aproveitamento por subárea que, por representarem a intensidade do impacto negativo sobre o componente-síntese, fornecem indicações importantes, tendo em vista a revisão da concepção dos aproveitamentos para se alcançar um desempenho socioambiental melhor, ou, em casos extremos, a eliminação de aproveitamentos e alternativas.
- d) Análise da repercussão na área de estudo dos processos impactantes que ocorrem em cada subárea, tendo em vista a posterior composição dos índices de alternativas, conforme descrito no item 4.11.2.
- e) Discussão interdisciplinar das avaliações efetuadas para analisar os resultados, identificar inconsistências e minimizar a subjetividade entre os julgamentos realizados para os diferentes componentes-síntese. Com base nessas discussões, poderão ser revisados os graus de impacto negativo atribuídos para cada aproveitamento sobre o componente-síntese.

Enfatiza-se que a relativa subjetividade inerente a essas avaliações, apenas pode ser minimizada através da padronização de critérios de avaliação, elementos de avaliação e procedimentos adotados pela metodologia. Assim, a repetida aplicação da metodologia e a ampliação de bancos de dados do Setor Elétrico, com resultados de monitoramento, são fatores indispensáveis para um futuro esforço de parametrização dos elementos de avaliação e tornando mais objetiva a valoração dos índices ambientais.

Nos itens 4.8.3 a 4.8.8, são detalhados os conteúdos e procedimentos adotados para a avaliação de impactos negativos sobre cada componente-síntese, apresentando-se os respectivos indicadores de impacto em tabelas. Essas tabelas visam o atendimento geral às situações das diversas regiões do País, devendo haver ajuste e/ou complementação das informações a serem consideradas em cada estudo específico. Observa-se que os Processos e Atributos Físicos por serem aqui tratados como elemento básico para as análises dos componentes-síntese, conforme já mencionado anteriormente, estão incorporados nas avaliações destes componentes como elementos de avaliação na medida em que participem dos processos impactantes identificados.

4.8.3 Ecossistemas Aquáticos

A identificação dos processos impactantes deverá ser realizada para cada aproveitamento e em cada subárea. Em seguida, deverão ser selecionados os elementos de avaliação que melhor caracterizem esses processos, tendo em vista estimar o grau de comprometimento das características determinantes na manutenção da diversidade biológica (indicador de impacto). Estes elementos deverão englobar aspectos relativos aos indicadores de relevância ecológica considerados no diagnóstico, utilizados para a definição de áreas sensíveis, e às características dos aproveitamentos, de modo que possa ser estimada a mudança de estado dos sistemas biológicos em função da intervenção que ocorrerá.

Deve-se também levar em conta que os elementos de avaliação subsidiarão a concepção dos projetos e, posteriormente, a estimativa dos custos socioambientais a serem incorporados aos custos de implantação.

Destaca-se ainda que, nesse momento, deverão ser realizadas atividades interdisciplinares, tendo em vista a integração entre os processos impactantes identificados e os relativos aos demais componentes,

subsidiados pelas informações referentes aos processos e atributos físicos, de modo a que os elementos de avaliação representem as inter-relações existentes.

A estimativa da intensidade do impacto socioambiental de um aproveitamento sobre determinada subárea deverá ser realizada pela análise do comprometimento dos ambientes mantenedores de biodiversidade, espécies migratórias, endêmicas ou exclusivas e, em situações excepcionais, do grau de comprometimento de outros grupos da fauna vertebrada. Deve também ser considerada na análise a interferência sobre o regime de vazões a jusante do reservatório. São sugeridos os seguintes elementos de avaliação:

- Extensão total do ambiente aquático a ser modificado, que deve ser medida através do somatório das extensões do canal do rio principal e dos afluentes (km) que devem mudar do regime lótico para o lântico, ou seja, deixar de ser rio para se tornar um lago. Essa alteração é muito impactante para os ecossistemas aquáticos, pois boa parte das espécies não consegue se adaptar ao novo ambiente.
- Hierarquia fluvial relativa – É dada pela relação entre a ordem observada na área de drenagem do reservatório e a ordem máxima observada na subárea, adotando a classificação de Strahler.
- Perda de ambientes ecologicamente estratégicos – São considerados ambientes ecologicamente estratégicos: as lagoas marginais, as praias fluviais (que atuam como locais de reprodução e alimentação de fauna aquática paludícola) e rios com características fisiográficas únicas, tais como: meandros ou ilhas. A perda destes ambientes é avaliada pela relação entre a área (no caso de lagoas e praias) ou a extensão (no caso de rios) afetada pelo aproveitamento e a área/extensão total destes ambientes na subárea.
- Comprometimento de rotas migratórias – O comprometimento das rotas migratórias afetadas pelo aproveitamento e utilizadas pelas espécies reofílicas em cada subárea é avaliado pela sua importância no recrutamento das espécies reofílicas na bacia.
- Perda de ambientes de elevada energia hidrodinâmica – Rápidos e/ou corredeiras – a relação entre a extensão dos ambientes de elevada energia hidrodinâmica afetados pelo aproveitamento e a extensão total destes ambientes existentes na subárea permite estimar o comprometimento das espécies exclusivas.
- Perda de vegetação marginal – Pode ser estimada pela razão entre a extensão de vegetação marginal afetada pelo aproveitamento e a extensão de vegetação marginal total na subárea.
- Qualidade da água dos futuros reservatórios – Um dos problemas mais significativos e de mais sérias repercussões ecológicas, sociais e econômicas associados à formação de reservatórios artificiais é o fenômeno de eutrofização que se estabelece nos mesmos. Tal processo reflete as características hidráulicas e morfométricas do aproveitamento, os aspectos hidrológicos, fisiográficos e de uso do solo na bacia contribuinte e na área de inundação. Dada a importância ecológica/econômica do fenômeno da eutrofização, a avaliação de impacto deverá contemplar esta variável de forma individualizada mediante o uso de modelos simplificados de prospecção da qualidade da água dos futuros reservatórios. Para esta abordagem deverão ser consideradas variáveis como: morfometria do reservatório, profundidade média, tempo de residência, fotomassa da área de inundação e uso do solo na bacia de drenagem. Como produto final da modelagem os diferentes aproveitamentos são avaliados quanto à criticidade na manutenção da qualidade de água da bacia.
- Alteração no regime natural de vazões – Ocorre em aproveitamentos com capacidade de regularização de vazão. Durante a operação de uma UHE, no trecho de rio imediatamente a jusante da barragem podem ocorrer períodos de significativa redução da vazão defluente. Nesses casos, tanto a fauna e flora aquática que dependem do curso natural dessas águas podem sofrer interferências. A capacidade de alteração é avaliada pela razão entre o volume útil do reservatório e a vazão média natural afluente.
- Derivação – Ocorre quando, em determinados aproveitamentos, a tomada d'água de uma UHE é precedida de canais ou dutos que desviam o fluxo de um rio, deixando um trecho do leito natural com vazão reduzida, ou completamente seca. Após a passagem pelas turbinas, a água retorna ao leito

natural. Para a avaliação deste impacto devem ser consideradas a extensão do trecho de vazão reduzida e a vazão reduzida.

- **Transposição** – Ocorre quando, em determinados aproveitamentos, há uma transposição da água – que antes da implantação da UHE corria no leito natural do rio a ser barrado – para uma outra bacia hidrográfica, provocando a redução parcial ou total da vazão no trecho imediatamente a jusante da barragem e uma mistura entre as águas de bacias diferentes no trecho da bacia que recebe a vazão transposta.

No Quadro 4.8.3.01, estão apresentados os indicadores de impacto negativo e os elementos de avaliação para este componente-síntese.

Atribuição de Graus de Impacto

A síntese dos elementos de avaliação deverá orientar a atribuição de graus de impacto negativo relativos a cada aproveitamento sobre cada subárea. Os graus deverão ser atribuídos numa escala de zero a um, tendo em vista o grau de comprometimento das características determinantes na manutenção da diversidade biológica.

Finalmente, deve ser analisada a repercussão na área de estudo dos processos impactantes que ocorrem em cada subárea, levando em conta os diferentes graus de relevância ecológica e as áreas de maior sensibilidade identificadas no diagnóstico.

Quadro 4.8.3.01 – Indicadores de impacto e elementos de avaliação para o componente-síntese Ecossistemas Aquáticos.

Componente-síntese	Indicador de Impacto	Elementos de Avaliação
Ecossistemas Aquáticos	– Interferência nos ambientes mantenedores de biodiversidade, de espécies migratórias, endêmicas ou exclusivas (e de outros grupos da fauna vertebrada).	<ul style="list-style-type: none"> – Posição na Hierarquia fluvial (Classificação de Strahler). – Alteração da extensão total do ambiente aquático a ser modificado. – Perda de ambientes ecologicamente estratégicos. – Rotas migratórias afetadas. – Perda de ambientes de elevada energia hidrodinâmica. – Alteração da vegetação marginal. – Qualidade da água dos futuros reservatórios: <ul style="list-style-type: none"> a) Características morfométricas do trecho de rio afetado. b) Volume de fitomassa afetada. c) Tipologia dos solos afetados. d) Profundidade média. e) Tempo de residência.
	– Interferência no regime de vazões (efeitos a jusante do reservatório):	<ul style="list-style-type: none"> – Possibilidade de ocorrência de eutrofização no reservatório; locais com elevada concentração de metais pesados/possibilidade de biomagnificação. – Ocorrência de outras espécies da fauna vertebrada passíveis de impacto (mamíferos aquáticos, répteis). – Alteração no regime natural de vazões: <ul style="list-style-type: none"> a) Capacidade de regularização de vazão: vazão média natural afluente e volume útil do reservatório. – Derivação: <ul style="list-style-type: none"> a) Extensão do trecho de vazão reduzida. b) Vazão reduzida. – Transposição de água: <ul style="list-style-type: none"> a) Vazão média derivada.

4.8.4 Ecossistemas Terrestres

A identificação dos processos impactantes deverá ser realizada para cada aproveitamento e em cada subárea. Em seguida, deverão ser selecionados os elementos de avaliação que melhor caracterizem esses processos, tendo em vista estimar o grau de comprometimento das características determinantes na manutenção da diversidade biológica. Estes elementos deverão englobar aspectos relativos aos indicadores de relevância ecológica e às áreas classificadas como sensíveis consideradas no diagnóstico e às características dos aproveitamentos, de modo que possa ser estimada a mudança de estado dos sistemas biológicos avaliados em função da intervenção que ocorrerá.

Deve-se levar em conta que os elementos de avaliação deverão também subsidiar a concepção dos projetos e, posteriormente, a estimativa dos custos socioambientais a serem incorporados aos custos de implantação.

Destaca-se ainda que, nesse momento, deverão ser realizadas atividades interdisciplinares, tendo em vista a integração entre os processos impactantes identificados e os relativos aos demais componentes-síntese, de modo a que os elementos de avaliação representem as inter-relações existentes.

A estimativa da intensidade do impacto socioambiental de um aproveitamento sobre determinada subárea deverá ser realizada pela análise do comprometimento dos ecossistemas e do comprometimento das espécies, sendo sugeridos os seguintes elementos de avaliação:

- Uso do solo na área de influência direta e indireta dos aproveitamentos. Quantificação (em km²) das áreas urbanas, das áreas ocupadas pela agropecuária e das áreas de remanescentes de vegetação natural, identificando os diversos estágios de conservação (formações primárias e secundárias, classificadas pelos diversos estágios de regeneração).
- Perda de vegetação marginal – Pode ser estimada pela razão entre a extensão de vegetação marginal afetada pelo aproveitamento e a extensão total de vegetação marginal existente na subárea.
- Perda de cobertura vegetal – É avaliada pela relação entre a superfície florestada afetada pelo aproveitamento e a superfície florestada total existente na subárea.
- Exclusividade fisionômica – O comprometimento das fitofisionomias exclusivas existentes na subárea é estimado pela relação entre a superfície de fisionomias exclusivas afetada pelo aproveitamento e a superfície total de fisionomias exclusivas existentes na subárea.
- Relevância da fauna na área afetada – É estimada em função da probabilidade de ocorrência de espécies cujas populações naturais já apresentem algum grau de comprometimento.
- Unidades de conservação – Interferência direta ou indireta em unidades de conservação federais, estaduais ou municipais.

No Quadro 4.8.4.01 encontramos os indicadores de impacto negativo e elementos de avaliação para este componente-síntese.

Atribuição de Graus de Impacto

A síntese dos elementos de avaliação deverá orientar a atribuição de graus de impacto negativo relativo a cada aproveitamento sobre cada subárea. Os graus deverão ser atribuídos numa escala de zero a um, tendo em vista o grau de comprometimento das características determinantes na manutenção da diversidade biológica.

Finalmente, deve ser analisada a repercussão na área de estudo dos processos impactantes que ocorrem em cada subárea, levando em conta os diferentes graus de relevância ecológica e as áreas de maior sensibilidade identificadas no diagnóstico.

Quadro 4.8.4.01 – Indicadores de impacto e elementos de avaliação para o componente-síntese Ecossistemas Terrestres.

Componente-síntese	Indicador de Impacto	Elementos de Avaliação
Ecossistemas Terrestres	– Interferência nas características determinantes da manutenção da diversidade biológica (comprometimento dos ecossistemas e de espécies).	<ul style="list-style-type: none"> – Perda de ambientes com maior grau de integridade ecológica. – Aumento da pressão sobre os ecossistemas terrestres (desmatamento, caça, extrativismo, agropecuária, comércio ilegal de espécies etc.). – Perda de vegetação marginal. – Perda de cobertura vegetal. – Interferência em corredores ecológicos na área de influência, em áreas prioritárias para conservação da biodiversidade, unidades de conservação, zonas de amortecimento e em demais áreas protegidas. – Exclusividade fisionômica, integridade do ecossistema terrestre. Perda de conectividade, aumento da fragmentação do ecossistema. – Relevância da fauna na área afetada.

4.8.5 Modos de Vida

A identificação dos processos impactantes deverá ser realizada para cada subárea, ou seja, para cada Modo de Vida afetado por cada aproveitamento.

Após a identificação dos processos impactantes por aproveitamento e em cada subárea, deverão ser selecionados os elementos de avaliação capazes de melhor caracterizá-los, tendo em vista estimar o grau de interferência sobre as formas de reprodução da vida social. Esses elementos deverão englobar aspectos relativos às formas preexistentes da vida social e às características dos aproveitamentos, de modo a que possa ser observada a relação entre a vulnerabilidade à mudança, percebida no diagnóstico, e o tipo de intervenção que ocorrerá.

Deve-se levar em conta que os elementos de avaliação deverão também subsidiar a concepção dos projetos e, posteriormente, a estimativa dos custos socioambientais a serem incorporados aos custos de implantação.

Nesse momento, deverão ser realizadas atividades interdisciplinares, tendo em vista a integração entre os processos impactantes identificados e os relativos aos demais componentes, de modo a selecionar os elementos de avaliação que melhor representem as inter-relações existentes.

Na estimativa da intensidade do impacto socioambiental negativo de cada aproveitamento sobre as subáreas afetadas, deverão ser considerados os seguintes indicadores de impacto, que promovem a síntese dos elementos de avaliação:

- Comprometimento das estratégias de sobrevivência, que remete às interferências sobre a base material.
- Comprometimento da socialidade historicamente construída, que remete às interferências sobre a base sociocultural.

Para avaliar o “comprometimento das estratégias de sobrevivência” de cada Modo de Vida existente na área de estudo, torna-se necessário considerar:

- Alteração nos aspectos que conformam as condições de vida:
 - Queda no padrão de consumo, motivada pela perda das atuais condições de trabalho.
 - Bens de consumo coletivo atingidos (serviços básicos: educação, saúde, energia, comunicação, saneamento, lazer, transporte).

- Modificações nos tradicionais indicadores básicos de qualidade de vida, como, por exemplo, os indicadores de saúde.
- Alterações no quadro epidemiológico, especialmente no que tange a endemias de veiculação hídrica e/ou relacionadas às condições sanitárias.
- Alteração nos sistemas de produção de cada Modo de Vida, observada através da identificação da possibilidade/impossibilidade de recuperação, com base nos seguintes aspectos:
 - Observação de mudanças na condição de capitalização/descapitalização preexistente, através de alterações na condição de ocupação, no valor do patrimônio disponível e na produção impactada. Em algumas áreas rurais, essa condição pode ser percebida principalmente através das modalidades de ocupação da força de trabalho que dispõem de relações de parceria, renda, tarefa e/ou assalariamento; situação essa que, na maioria das vezes, inclui a população de trabalhadores sem terra.
 - Alterações/ruptura na rede de relações das quais os grupos sociais urbanos dependem e dispõem para garantir sua sobrevivência, rede essa que pode remeter à ocupação formal (mercado de trabalho formal) ou à ocupação informal (expedientes e biscates).
 - Ruptura nos vínculos de dependência entre rural e urbano percebidos especialmente do ponto de vista dos vínculos de trabalho (pessoas que vivem no urbano, mas dependem do trabalho na zona rural ou vice-versa), bem como das situações nas quais a segurança/abastecimento alimentar é diretamente dependente da produção rural.
 - Alterações nos condicionantes ambientais, observadas a partir das perdas de áreas de várzea, importantes para as populações ribeirinhas, ou de áreas de aptidão agrícola que freqüentemente garantem a segurança alimentar regional, bem como a economia de subsistência. Importante considerar, se for o caso, as conseqüências das alterações no regime de vazões do rio a jusante do barramento.

A avaliação do “comprometimento da socialidade historicamente construída”, que expressa a base sociocultural dos Modos de Vida identificados, é realizada através da observação dos seguintes aspectos:

- Vínculos de socialidade comprometidos:
 - Relações de vizinhança ou compadrio rompidas.
 - Relações étnicas comprometidas.
 - Acirramento de situações de conflito preexistentes.
 - Ruptura de relações políticas dependentes da estrutura social preexistente.
 - Comprometimento do grau de organização social formal e informal.
- Comprometimento da identidade sociocultural e de sua expressão espaço-temporal:
 - Perda de marcos /referências responsáveis pela organização sociocultural do grupo (manifestações culturais, elementos do patrimônio histórico-cultural).
 - Perda de situações nas quais a condição de proximidade do rio (por exemplo, dinâmica das cheias) orienta a organização sociocultural.

No Quadro 4.8.5.01 estão apresentados os indicadores de impacto e os elementos de avaliação para este componente-síntese.

Cabe observar que é importante estimar e identificar o contingente de população a ser impactado. Deve ser destacado que esta informação será utilizada na obtenção dos custos associados à implantação dos empreendimentos. Entretanto, na avaliação dos impactos aqui realizada procura-se qualificar este contingente e avaliar as perdas por ele sofridas, evitando desse modo a dupla contagem de aspectos já incorporados aos custos.

Atribuição de Graus de Impacto

Deverão ser atribuídos graus de impacto negativo, por subárea afetada, para cada aproveitamento proposto. A síntese dos aspectos avaliados pelos indicadores de impacto deverá orientar a atribuição

dos graus na escala de zero a um, tendo em vista obter um índice de impacto que represente o grau de interferência sobre as formas de reprodução da vida social.

Finalmente, deverá ser analisada a repercussão na área de estudo dos processos impactantes que ocorrem em cada subárea. Essa análise deverá ser orientada pela percepção de situações expressivas que tornam “regionais” questões que aparentemente são localizadas, fazendo com que o processo impactante provoque efeitos que extrapolem os limites da subárea, como, por exemplo, situações de contradições e/ou conflitos e sua potencialização face à intervenção.

Quadro 4.8.5.01 – Indicadores de impacto e elementos de avaliação para o componente-síntese Modos de Vida.

Componente-síntese	Indicador de Impacto	Elementos de Avaliação
Modos de Vida	– Comprometimento das estratégias de sobrevivência.	<ul style="list-style-type: none"> – Alteração nos aspectos que conformam as condições de vida: a) Número de pessoas ou de famílias atingidas; (rural e urbana). b) Bens de consumo coletivo atingidos. c) Quebra no padrão de consumo. d) Modificações nos indicadores de qualidade de vida. e) Alterações no quadro epidemiológico. – Alteração nos sistemas de produção de cada Modo de Vida. a) Mudanças nas condições de capitalização/descapitalização preexistente. b) Alterações na rede de relações das quais os grupos sociais urbanos dependem para garantir sua sobrevivência. c) Ruptura dos vínculos de dependência entre rural e urbano. d) Alteração nos condicionantes ambientais.
	– Comprometimento da socialidade historicamente construída.	<ul style="list-style-type: none"> – Vínculos de socialidade comprometidos. – Comprometimento da identidade sociocultural e de sua expressão espaço-temporal. – Interferência no patrimônio histórico, cultural, arqueológico etc.

4.8.6 Organização Territorial

A identificação dos processos impactantes deverá ser realizada para cada subárea afetada por cada aproveitamento, devendo ser prioritariamente caracterizados aqueles relacionados à desarticulação dos fluxos de comunicação e de circulação de bens e pessoas, e às formas de uso e ocupação do território.

Após a identificação dos processos impactantes por aproveitamento e em cada subárea, deverão ser selecionados os elementos de avaliação capazes de melhor caracterizá-los, tendo em vista estimar o grau de desarticulação dos fluxos de circulação e comunicação que organizam o território compreendido pela área de estudo. Deverão ser considerados os elementos estruturantes da organização do território e as características dos aproveitamentos de modo que possa ser observada a interferência desses sobre o nível de integração existente em cada subárea, percebidos no diagnóstico.

Deve-se levar em conta que os elementos de avaliação deverão também subsidiar a concepção dos projetos e, posteriormente, a estimativa dos custos socioambientais a serem incorporados aos custos de implantação. Alguns desses elementos servirão de base para a avaliação dos impactos positivos nos Estudos Finais.

Neste momento, deverão ser realizadas atividades interdisciplinares, tendo em vista a integração entre os processos impactantes identificados e os relativos aos demais componentes, de modo a selecionar os elementos de avaliação que melhor representem as inter-relações existentes.

A estimativa da intensidade do impacto socioambiental negativo de cada aproveitamento, sobre as subáreas afetadas, deverá ser desenvolvida a partir do exame dos seguintes indicadores de impacto, que promovem a síntese dos elementos de avaliação:

- Interferência nos padrões de assentamento e mobilidade da população.
- Interferência nos fluxos de circulação e comunicação.
- Interferência na organização político-administrativa dos municípios.

Interferência nos Padrões de Assentamento e Mobilidade da População

Este indicador remete à avaliação de possíveis modificações nos padrões de assentamento populacional, historicamente determinados no território da bacia hidrográfica, e no papel destas modificações sobre a organização territorial da área de estudo. Para a avaliação, deverão ser associados dados qualitativos e quantitativos. Especialmente no caso de remanejamento de populações, é interessante o uso de comparação a casos análogos ocorridos na macrorregião onde se insere a área estudada.

Deverão ser considerados os seguintes elementos de avaliação:

- População a ser remanejada e participação em relação ao total do município e da bacia hidrográfica (estimativa): Trata-se de estimar o quantitativo da população a ser deslocada, estabelecendo correlações com a população total residente na área de estudo, assim como com o contingente populacional residente nos respectivos municípios e a seguir, qualificar a importância dos deslocamentos estimados. Poderão ser úteis observações complementares referentes à localização espacial e composição interna do contingente a ser remanejado, no que se refere às condições originais de ocupação (área urbanizada, em expansão urbana, rural, florestal) e modo de assentamento original (residentes em áreas urbanas adensadas, periféricas; assentamentos concentrados ou difusos; isolados, esparsos ou nucleados).
- Número, localização e características dos núcleos atingidos parcial e totalmente.
- Disponibilidade de áreas para os reassentamentos previstos.
- Vila residencial: Localização prevista, população estimada associada à obra, relação com a população do Município e com a população total da área de estudo.

Interferência nos Fluxos de Circulação e Comunicação

Os processos impactantes sobre os fluxos de circulação e comunicação deverão ser identificados, caracterizados e qualificados, a partir de dois aspectos sintetizadores das interferências produzidas e dos elementos de avaliação a eles associados: acessibilidade e reversibilidade das interferências na ocupação, circulação e comunicação.

A interferência sobre a acessibilidade pode ser estimada pelos elementos listados a seguir:

- Equipamentos de produção, consumo e serviços atingidos: Deverão ser identificadas as unidades produtivas atingidas, com destaque para as de beneficiamento de produtos primários (agroindústrias, destilarias de álcool etc.) e para as de uso intensivo de mão-de-obra; depósitos, armazéns e silos; estabelecimentos de ensino (rurais e urbanos de atendimento supralocal) e de saúde; estabelecimentos comerciais (com atenção aos de alojamento e alimentação), transporte e comunicação. Deverão ser descritas e qualificadas as características, localização espacial e raio de atendimento desses equipamentos; ordem de grandeza, perfil e localização espacial da população concernida e avaliar o comprometimento ocorrido.
- Extensão e funções da infra-estrutura viária atingida: Descrever, mapear e qualificar os trechos de infra-estrutura rodovias, hidro e ferroviária, atingidos no que concerne aos seguintes aspectos: extensão, percurso, ocorrência de pontos de articulação intermodal, núcleos urbanos a eles diretamente vinculados, “corredores” e área de influência por eles definidas; bens e categorias de usuários que deles se servem; principais pontos de origem e destino.

- Estimativa da população atingida por perda de infra-estrutura viária (e serviços dela dependentes), participação na população total do município e da área de estudo: A partir das interferências nos núcleos urbanos e na rede viária, deve-se estimar o quantitativo da população atingida por perda de infra-estrutura viária e, conseqüentemente, no acesso aos equipamentos urbanos. Deve-se estabelecer correlações com a população total residente na área de estudo e nos respectivos municípios.
- Estimativa dos usuários dos recursos hídricos atingidos: Deve-se estimar o contingente de usuários atingidos, segundo cada uso – como abastecimento, irrigação, pesca, comércio, lazer, turismo – caracterizar a interferência e qualificar a sua importância, por uso. Para esta estimativa, assim como para os demais dados sobre este tema a serem gerados para avaliação de impactos, é indispensável a compatibilidade entre as informações aqui utilizadas para os usos das águas e as informações e projeções elaboradas na construção dos cenários básico e alternativos de outros usos da água, dos estudos energéticos (item 4.2.5). Observa-se que para os aproveitamentos/alternativas em que forem respeitados os cenários definidos, não devem ser considerados impactos sobre este elemento de avaliação. Entretanto, deve ser destacado que, enquanto nestes estudos os principais usos considerados são: a irrigação, o controle de cheias e a navegação, para avaliação de impactos a análise se estende a todos os usos, efetivos e potenciais.
- Articulações intermodais atingidas – Características das articulações e acessos comprometidos e repercussões para sobre os fluxos de circulação e comunicação.

A reversibilidade das interferências nos padrões de ocupação, circulação e comunicação poderão ser avaliadas pelos seguintes elementos:

- Alternativas às relações funcionais interrompidas, no território da bacia, e alternativas aos fluxos de circulação e comunicação interrompidos – Verificar a existência de alternativas para a restauração das situações atingidas pelos processos impactantes descritos nos itens anteriores. Ou seja: restabelecimento de fluxos interrompidos por diferentes redes infra-estruturais; garantia de acessibilidade pela restauração dos fluxos interrompidos ou através do estabelecimento de novos fluxos etc.

Para a realização destes estudos deverão ser considerados:

- Os padrões de ocupação característicos da bacia e suas tendências de expansão.
- Os grandes projetos e o planejamento dos investimentos em infra-estrutura viária, a curto e médio prazos, para a área de estudo.
- A possibilidade de utilização de modos alternativos de transporte pelos atingidos.
- A disponibilidade de terras para assentamentos alternativos dos núcleos e os elementos de infra-estrutura, através do exame dos territórios ainda não comprometidos com a dinâmica de ocupação e dos condicionantes ambientais, que apontem indução ou restrição à ocupação.

Interferência na Organização Político-administrativa dos Municípios

- Papel das sedes municipais e instituições públicas, municipais, estaduais e federais atingidas – Deverão ser qualificadas as funções cumpridas pelas instituições e pelas localidades a serem realocizadas, dos pontos de vista administrativo e político-institucional. Deverá ser realizada uma análise essencialmente interpretativa, sobre a base descritiva dos dados até então coletados e sistematizados.
- Perda de território – Superfície e participação no território total do município e da bacia: os dados quantitativos e a visualização espacial das áreas a serem submergidas constituem os principais insumos à análise qualitativa da interferência a ser causada à entidade político-administrativa. Estas interferências poderão atingir situações-limite, como a inviabilização da continuidade da existência de um município, interferindo em outras municipalidades, suas populações e serviços.
- Estimativa do contingente de eleitores remanejados, participação no eleitorado municipal: Esta estimativa se reporta à avaliação da possibilidade de desestruturação dos eleitorados locais.

- Perda no contingente de representantes: Deve-se verificar a ocorrência de diminuição do número de representantes na Câmara de Vereadores, em função da necessidade de remanejamento de populações, tendo em vista que em alguns casos pode-se alterar substantivamente a população de um Município.

Interferência na Gestão do Território

As incompatibilidades e as sinergias com as políticas, planos e programas voltados para o desenvolvimento regional e local devem ser analisadas, visando avaliar os possíveis impactos e cumulatividades negativos e positivos.

No Quadro 4.8.6.01, estão apresentados os indicadores de impacto e os elementos de avaliação para este componente-síntese.

Atribuição de Graus de Impacto

Deverão ser atribuídos graus de impacto negativo, por subárea afetada, para cada aproveitamento proposto. A síntese dos aspectos avaliados pelos indicadores de impacto deverá orientar a atribuição de graus na escala de zero a um, tendo em vista obter um índice de impacto negativo que represente o grau de desarticulação dos fluxos de circulação e comunicação que organizam o território compreendido pela subárea.

Finalmente, deverá ser analisada a repercussão na área de estudo dos processos impactantes que ocorrem em cada subárea, levando em conta as análises realizadas no diagnóstico relativas às interações entre os processos das subáreas e sua contextualização na área de estudo, enfatizando aqueles elementos que contribuem para que os processos impactantes que ocorrem em determinada subárea ultrapassem seus limites, repercutindo em outras.

Quadro 4.8.6.01 – Indicadores de impacto e elementos de avaliação para o componente-síntese Organização Territorial.

Componente-síntese	Indicador de Impacto	Elementos de Avaliação
Organização Territorial	– Interferência nos padrões de assentamento e mobilidade da população.	<ul style="list-style-type: none"> – Número, localização e características dos núcleos atingidos parcial e totalmente. – Disponibilidade de áreas para os reassentamentos previstos. – Estimativa da população a ser remanejada (rural e urbana). – Vila residencial: localização, população prevista associada à obra, relação com a população local.
	– Interferência nos fluxos de circulação e comunicação.	<ul style="list-style-type: none"> – Acessibilidade: <ul style="list-style-type: none"> a) Equipamentos de produção, consumo e serviços atingidos. b) Extensão e funções da infra-estrutura viária atingida. c) Extensão e função da infra-estrutura viária expandida. d) Estimativa da população atingida por perda de infra-estrutura viária. e) Estimativa dos usuários dos recursos hídricos atingidos. f) Articulações intermodais atingidas. – Reversibilidade das interferências na circulação e comunicação: <ul style="list-style-type: none"> a) Alternativas às relações funcionais interrompidas. b) Alternativas aos fluxos de circulação e comunicação interrompidos.

Componente-síntese	Indicador de Impacto	Elementos de Avaliação
Organização Territorial	– Interferência na base territorial relativa à organização político-administrativa.	<ul style="list-style-type: none"> – Perda de território: (superfície e participação no território total do município). – Estimativa do contingente de eleitores remanejados, participação no eleitorado municipal. – Perda no contingente de representantes. – Papel das sedes municipais e instituições públicas municipais, estaduais e federais atingidas.
	– Interferência na gestão do território.	<ul style="list-style-type: none"> – Incompatibilidades com políticas, planos e programas voltados para o desenvolvimento regional e local. – Sinergias com políticas, planos e programas voltados para o desenvolvimento regional e local.

4.8.7 Base Econômica

A identificação dos processos impactantes por aproveitamento deverá ser realizada para cada subárea afetada, devendo ser prioritariamente caracterizados aqueles relacionados à produção de valor e receita pública cessantes, aos danos infligidos aos recursos e potencialidades, de modo a que se possa avaliar suas conseqüências para a base da economia local e regional.

Após a identificação dos processos impactantes por aproveitamento e em cada subárea, deverão ser selecionados os elementos de avaliação capazes de melhor caracterizá-los, tendo em vista estimar o grau de interferência sobre a base de sustentação econômica da área de estudo. Deverão ser considerados os elementos que dão sustentação econômica às subáreas e as características dos aproveitamentos, de modo a que possa ser observada a interferência destes sobre cada subárea.

Deve-se levar em conta que os elementos de avaliação deverão também subsidiar a concepção dos projetos e, posteriormente, a estimativa dos custos socioambientais a serem incorporados aos custos de implantação. Alguns destes elementos deverão ainda servir de base para a avaliação dos impactos positivos das alternativas nos Estudos Finais.

Nesse momento, deverão ser realizadas atividades interdisciplinares, tendo em vista a integração entre os processos impactantes identificados e os relativos aos demais componentes, de modo a selecionar os elementos de avaliação que melhor representem as inter-relações existentes.

Para a estimativa da intensidade do impacto socioambiental de cada aproveitamento sobre as subáreas afetadas, deverão ser considerados os seguintes indicadores de impacto, que promovem a síntese dos elementos de avaliação:

- Interferência sobre as atividades econômicas.
- Interferência sobre os recursos e potencialidades.
- Interferência nas finanças municipais.

Interferências sobre as Atividades Econômicas

- Número e características dos estabelecimentos atingidos: quando o objeto em análise é o setor formal da economia, os indicadores tradicionais respondem adequadamente. Porém, quando a economia informal é expressiva, é necessário proceder a análises qualitativas. É o caso das chamadas atividades mercantis simples, sem assalariamento permanente que são importantes porque: (a) representam alternativas de geração de emprego e renda fundamentais em economia urbana incipientemente constituída; e (b) nem sempre são reconhecidas como atividades submetidas a impactos. Nessas circunstâncias, adquirem grande relevância para a avaliação dos impactos as formas de trabalho não completamente submetidas à dinâmica capitalista de produção e circulação.

- Valor da produção afetada, por setor: Esta estimativa é especialmente importante nos casos em que as análises realizadas no diagnóstico apontaram expressão de algum determinado setor. Nestes casos, deverão ser considerados: a quantidade de produção em espécie e superfície de produção extinta, para o setor primário; o valor de transformação, para o setor secundário; a especificação da perda em comércio e serviços para a qualidade de vida, no caso do setor terciário.
- Atividades econômicas atingidas vinculadas ao rio: As atividades econômicas atingidas, chamadas “beira-rio”, tais como as olarias e a agricultura de várzea, poderão ser avaliadas pelo valor de produção e pelo número de empregos gerados.
- Expressão econômica e social na bacia hidrográfica: Deverão ser qualificadas as atividades econômicas atingidas, segundo seu papel na economia local e regional, e sua importância para os padrões de qualidade de vida.
- Emprego e renda suprimidos: Deve-se quantificar o número de empregos suprimidos e qualificar as perdas do ponto de vista das populações residentes e da população ocupada efetivamente.
- Mercados afetados: Deve-se estimar os setores atingidos pela perda de produção e qualificar esta supressão para os mercados identificados.
- Ocorrência de condições de suporte para reprodução das atividades: Deve-se avaliar a viabilidade de realocização/reestruturação das atividades atingidas em condições tais que cessem danos e prejuízos a produtores, consumidores e proprietários.

Interferências sobre os Recursos e Potencialidades, Destaque para os Usos da Água

- Características e ordem de grandeza dos recursos e potencialidades da bacia hidrográfica suprimidas, tais como recursos minerais, áreas de aptidão agrícola, extrativismo, potencial energético, áreas turísticas e dotadas de potencial biológico e genético, e sua importância relativa no contexto da área de estudo.
- Expressão econômica e social das potencialidades atingidas: Qualificação da sua importância para a manutenção dos padrões de qualidade de vida na área de estudo.
- Usos existentes/potenciais dos recursos hídricos atingidos/inviabilizados e respectiva população afetada: É indispensável compatibilizar as informações utilizadas aqui para os usos das águas e as informações e projeções elaboradas na construção dos cenários de usos múltiplos (item 4.2.2). Estas informações deverão ser obrigatoriamente utilizadas. Observa-se que para os aproveitamentos/alternativas em que forem respeitados os cenários definidos, não devem ser considerados impactos sobre este elemento de avaliação. Essas informações serão também utilizadas na avaliação dos impactos positivos nos Estudos Finais.

Interferências nas Finanças Municipais

- Diferencial da arrecadação tributária e das transferências de receita: a queda de receita é consequência direta da queda de arrecadação tributária e da distribuição das receitas de transferência, cuja geração é vinculada à extensão do território, ao contingente populacional e às atividades econômicas. Portanto, trata-se de estimar os efeitos decorrentes da extinção, inviabilização e desorganização de atividades que se constituem em fatos geradores de receita tributária, transferências e repasses, como o Fundo de Participação dos Municípios.
- Total de recursos arrecadados pela compensação financeira para os municípios atingidos e pelo ISS durante a construção, para a avaliação dos impactos positivos.

No Quadro 4.8.7.01, os indicadores de impacto e os elementos de avaliação são apresentados para este componente-síntese.

Atribuição de Graus de Impacto

Deverão ser atribuídos graus de impacto, por subárea afetada, para cada aproveitamento proposto. A síntese dos aspectos avaliados pelos critérios apresentados deverá orientar a atribuição de graus na escala de zero a um, tendo em vista obter um índice de impacto que represente o grau de interferência sobre a base de sustentação econômica da subárea.

Finalmente, deverá ser analisada a repercussão na área de estudo dos processos impactantes que ocorrem em cada subárea, levando em conta as análises realizadas no diagnóstico relativas às interações entre os processos das subáreas e sua contextualização na área de estudo, enfatizando aqueles elementos que contribuem para que os processos impactantes que ocorrem em determinada subárea ultrapassem seus limites, repercutindo em outras.

Quadro 4.8.7.01 – Indicadores de impacto e elementos de avaliação para o componente-síntese Base Econômica.

Componente-síntese	Indicador de Impacto	Elementos de Avaliação
Base Econômica	– Interferência sobre as atividades econômicas.	<ul style="list-style-type: none"> – Número e características dos estabelecimentos atingidos. – Quantitativo e valor da produção afetada, por setor. – Atividades econômicas atingidas vinculadas ao rio. – Expressão econômica e social das atividades. – Emprego e renda suprimidos. – Emprego e renda gerados. – Mercados afetados. – Ocorrência de condições de suporte para reprodução das atividades.
	– Interferência sobre as bases de recursos e as potencialidades com destaque para usos da água.	<ul style="list-style-type: none"> – Características e ordem de grandeza dos recursos e potencialidades da bacia hidrográfica suprimidos (jazidas minerais, áreas de aptidão agrícola, extrativismo, potencial turístico e dotadas de potencial biológico e genético). – Oportunidade de aproveitamento dos recursos e das potencialidades. – Expressão econômica e social das potencialidades atingidas. – Usos existentes e potenciais dos recursos hídricos atingidos ou inviabilizados e respectiva população afetada. – Oportunidades para o uso dos recursos hídricos e respectiva população beneficiada.
	– Interferência nas finanças municipais.	<ul style="list-style-type: none"> – Diferencial da arrecadação tributária e das transferências de receitas. – Recursos da compensação financeira e do ISS.

4.8.8 Populações Indígenas/Populações Tradicionais

A avaliação dos processos impactantes deverá ser realizada para cada Terra Indígena ou área ocupada por populações tradicionais afetada por cada aproveitamento.

Após esta identificação, deverão ser selecionados os elementos de avaliação capazes de melhor caracterizar os processos impactantes, tendo em vista estimar o grau de interferência sobre as formas de reprodução da vida social. Esses elementos deverão englobar aspectos relativos ao quadro preexistente e às características dos aproveitamentos, para observar a relação entre a intervenção e os limites das condições etno-ecológicas preexistentes, que contribuem para a potencialização dos conflitos, considerando a histórica especificidade destes grupos, em face de sua relação com a sociedade nacional nos termos da preservação de seu território, freqüentemente sujeito a invasões.

Neste momento, deverão ser realizadas atividades interdisciplinares, tendo em vista a integração entre os processos impactantes identificados e os relativos aos demais componentes, de modo a selecionar os elementos de avaliação que melhor representem as inter-relações existentes.

A estimativa da intensidade do impacto socioambiental de cada aproveitamento sobre cada área indígena afetada e listada a seguir, deverá considerar os indicadores de impacto que promovem a síntese dos elementos de avaliação.

Potencialização dos Conflitos

Este indicador remete às interferências sobre a base sociocultural e suas relações com o território. A partir de um quadro preexistente anteriormente caracterizado (situações de conflito preexistentes; existência de situação de invasão do território; condição de proteção legal) e considerando a relação entre território inundado/território disponível, pode-se avaliar a existência ou não de comprometimento da unidade política, do relacionamento interétnico (aqui está incluída a integração com o mercado) e/ou dos vínculos historicamente construídos intragrupos e com outros grupos. Além disso, pode-se, como resultado final das avaliações, observar o risco ou não de extinção do grupo.

Sugere-se, para tanto, os seguintes elementos de avaliação:

- Situações de conflito preexistentes.
- Existência de situação de invasão do território.
- Relação território inundado/território disponível.
- Condição de proteção legal.
- Comprometimento da unidade política.
- Comprometimento do relacionamento interétnico (aqui está incluída a integração com o mercado).
- Risco de extinção.
- Comprometimento dos vínculos intragrupos e com outros grupos.

Interferências nas Condições Etno-ecológicas

Este indicador remete à base material e sua estreita relação de dependência do território. A observação dos aspectos etno-ecológicos, por sua especificidade, articula-se aos aspectos referentes às condições materiais de sobrevivência dos grupos, bem como à sua identidade cultural. Sendo assim, interessa avaliar, a partir da relação território inundado/território disponível e do conhecimento acerca da importância do primeiro para o grupo (importância cultural e/ou para a sobrevivência), sua suficiência para a reprodução material do grupo, bem como o grau de interferência sobre sítios sagrados e/ou culturais e patrimônio geomorfológico, e seus desdobramentos no conjunto de tradições culturais que dão feição à identidade cultural do grupo.

Para tanto, sugere-se a observação dos seguintes elementos:

- Relação território inundado/disponível: Observar a suficiência do território para a reprodução material do grupo.
- Importância do território inundado para o grupo e importância cultural e/ou para a sobrevivência.
- Interferência sobre sítios sagrados e/ou culturais e patrimônio geomorfológico (com rebatimento nas tradições culturais).

No Quadro 4.8.8.01, estão apresentados os indicadores de impacto e os elementos de avaliação para este componente-síntese.

Deverão ser atribuídos graus de impacto sobre a área de estudo para cada aproveitamento proposto. A síntese dos critérios de avaliação deverá orientar a atribuição dos graus na escala de zero a um, tendo em vista estimar o grau de interferência sobre as formas de reprodução sociocultural dos grupos.

Quadro 4.8.8.01 – Indicadores de impacto e elementos de avaliação para o componente-síntese População Indígena/Populações tradicionais.

Componente-síntese	Indicador de Impacto	Elementos de Avaliação
População Indígena/ Populações Tradicionais	– Potencialização dos conflitos.	<ul style="list-style-type: none"> – Situação de conflito preexistente. – Existência de situação de invasão do território. – Relação território inundado/território disponível. – Condição de proteção legal. – Comprometimento da unidade política. – Comprometimento do relacionamento interétnico. – Riscos de extinção. – Comprometimento dos vínculos intra-grupos e com outros grupos.
	– Interferência nas condições etno-ecológicas.	<ul style="list-style-type: none"> – Relação território inundado/território disponível (observar a suficiência do território para a reprodução do grupo). – Importância do território inundado para o grupo. – Interferência sobre sítios sagrados e/ou culturais, e patrimônio geomorfológico.

4.9 ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS

4.9.1 Conceituação

A metodologia utilizada para o dimensionamento das estruturas, nos Estudos Preliminares de Inventário, deve ser simplificada e os custos estimados de uma forma global, por estrutura, resultando em orçamentos também simplificados dos aproveitamentos das alternativas formuladas. Os custos das obras civis e equipamentos são agrupados em grandes blocos, de forma a obter mais facilmente o custo de um conjunto das obras, estruturas e serviços, possibilitando a montagem rápida do orçamento.

A principal finalidade do orçamento nos Estudos Preliminares é possibilitar uma avaliação rápida, mesmo que aproximada, dos custos dos aproveitamentos, orientando as decisões para a seleção ou proposição de novas alternativas de divisão de queda.

Pela metodologia apresentada neste Manual, os custos são obtidos através de gráficos e Quadros, a partir de parâmetros definidos ou calculados pelo usuário.

Deve ser ressaltado que os quadros e gráficos de custo, bem como as recomendações inseridas neste Manual, representam os valores médios obtidos a partir de estudo realizado com uma série de usinas hidroelétricas brasileiras. Este estudo sintetiza, principalmente, os custos globais de obras civis e equipamentos das estruturas principais, onde foram contemplados dados de usinas em fase de Estudos de Viabilidade e de informações do Manual de 1997.

Outros tipos de estruturas não comumente utilizadas nas concepções dos aproveitamentos, casos atípicos, bem como pontos fora dos limites das curvas de custos, deverão requerer estudos específicos pelo projetista.

4.9.2 Orçamento em Nível Preliminar de Inventário

As estimativas de custo, apresentadas na etapa de Estudos Preliminares, deverão ser feitas segundo as contas principais do Orçamento Padrão Eletrobrás, obedecendo a relação resumida abaixo, que abranje todas as estruturas e equipamentos do aproveitamento, incluindo também os custos indiretos e juros durante a construção.

Conta	Descrição
10.	Terrenos, Relocações e outras Ações Socioambientais
11.	Estruturas e Benfeitorias
12.16.	Desvio do Rio
12.17.	Barragem e Diques
12.18.	Vertedouro
12.19.	Tomada de Água e Aduadoras
13.	Turbinas e Geradores
14.	Equipamento Elétrico Acessório
15.	Diversos Equipamentos da Usina
16.	Estradas de Rodagem, de Ferro e Pontes
17.	Custos Indiretos
18.	Juros Durante a Construção

O Anexo C apresenta a planilha 49ope.xls relativa ao orçamento de Estudos Preliminares de Inventário.

4.10 DIMENSIONAMENTO E ESTIMATIVAS DE CUSTOS

Neste item são apresentados os critérios e instruções para o dimensionamento e a estimativa dos custos dos aproveitamentos. Esta estimativa pressupõe uma definição preliminar das estruturas e arranjos, bem como a aplicação, às quantidades correspondentes, de preços unitários médios representativos dos serviços e respectivos equipamentos.

Os preços unitários e gráficos apresentados têm seus valores expressos em reais referidos à data-base de dezembro de 2006.

As estimativas de custo para o orçamento preliminar poderão ser feitas a partir da planilha 49ope.xls, apresentada no Anexo C, ou pelos quadros e gráficos apresentados nos itens 4.10.1 a 4.10.13.

4.10.1 Terrenos, Servidões, Relocações e outras Ações Ambientais (Conta .10)

São identificados como os componentes mais expressivos dos custos socioambientais a serem internalizados no custo de implantação dos aproveitamentos:

- Terrenos e benfeitorias para a formação do reservatório, canteiro de obras, áreas de empréstimo e vila residencial.
- Relocações de populações, compreendendo indenizações, aquisições de terras e benfeitorias para a implantação de projetos de reassentamento rural e relocação de cidades e vilas, incluindo obras de infraestrutura e equipamentos sociais coletivos requeridos em cada caso.
- Recomposição ou relocação da infra-estrutura regional.

Indicam-se, a seguir, os custos socioambientais a serem estimados, os procedimentos a serem utilizados e as contas correspondentes do OPE.

Aquisição de Terrenos e Benfeitorias Urbanas (Conta .10.10.10)

- Determinação da área dos terrenos e benfeitorias a serem adquiridas, definida pelos estudos cartográficos e topográficos. Nos casos de interferências parciais em cidades e vilas, recomenda-se a definição prévia e explicitação de critérios relativos aos quantitativos físicos a serem utilizados para fins da estimativa de custos.
- Levantamento de preços unitários, por metro quadrado, dos terrenos urbanos através de informações de campo.
- Levantamento de preços unitários, por metro quadrado, das benfeitorias urbanas, através de fontes secundárias, complementadas por levantamentos de campo. Quanto às fontes secundárias, a estimativa poderá ser realizada através das estatísticas de custo do metro quadrado construído, fornecidas pelo SINDUSCON e pelo FIBGE, procurando-se adequá-las às situações específicas.

Aquisição de Terrenos e Benfeitorias Rurais (Conta .10.10.11)

- Determinação da área dos terrenos rurais a ser adquirida, definida pelos estudos cartográficos e topográficos.
- Levantamento do preço das terras que deverá ser expresso em reais/ha, em valores de dezembro de 2006, e pode ser obtido através de fontes secundárias. A Fundação Getúlio Vargas edita uma estatística mensal do preço médio do hectare por unidade da federação, segundo quatro tipos de uso (lavouras, pastagens,

campos e matas). Alguns estados dispõem desta mesma estatística regionalizada. Independentemente da situação, recomenda-se o levantamento de informações em campo, nos Estudos Preliminares, para calibrar as estatísticas mencionadas, particularmente nos casos de regiões onde a terra é sabidamente mais valorizada e de reservatórios com maior superfície. Recomenda-se, também, levantar o preço da terra com e sem benfeitorias, dada a dificuldade de se estimarem quantitativos e preços de benfeitorias rurais em Estudos de Inventário. Deverão ser utilizadas estatísticas recentes, evitando-se o recurso a atualizações monetárias.

- Determinação e identificação das benfeitorias a serem adquiridas, utilizando-se imagens de satélite e fotografias aéreas, indicar localização e área, em metro quadrado; e qualificar, quanto ao tipo e características das benfeitorias predominantes, através de levantamentos de campo.
- Levantamento do preço das benfeitorias rurais, que deverá ser expresso em reais/m² em valores de dezembro de 2006. Dada a reconhecida dificuldade de obtenção desta informação, apresentam-se duas alternativas para a estimativa. A primeira consiste em não estimar diretamente as benfeitorias rurais. Elas poderão ser estimadas indiretamente através do preço da terra, conforme mencionado anteriormente. Neste caso, o procedimento mencionado no tópico anterior relativo ao levantamento e identificação das benfeitorias rurais não precisa ser detalhado. A segunda alternativa consiste em fazer a estimativa utilizando-se estatísticas secundárias do custo do metro quadrado construído, fornecidas pelo SINDUSCON e pela IBGE, procurando-se adequar estas fontes à situação.

Relocações de Estradas de Rodagem, Estradas de Ferro, Pontes, Sistemas de Dutos, de Transmissão e de Telefonia (Conta .10.11)

- Os custos unitários relativos à relocação de estradas de rodagem, estradas de ferro e pontes, são apresentados nos Quadros B01, B02 e B03, no Anexo B. Demais relocações, caso ocorram, deverão ter seus custos estimados segundo os critérios gerais adotados.

Relocações de Populações (Conta .10.11.20)

- Nos casos em que ficarem claramente evidenciadas pelos estudos ambientais situações que vão requerer reassentamento rural, relocações de cidades e vilas e relocação de comunidades indígenas e/ou outros grupos étnicos protegidos por lei, recomenda-se a estimativa dos custos socioambientais dos programas correspondentes. Os principais componentes do custo desses programas, tais como aquisição de terrenos e benfeitorias, implantação de infra-estrutura, construção de edificações e benfeitorias individuais e coletivas, dentre outros, poderão ser dimensionados e orçados a partir de preços unitários, com base nos mesmos critérios gerais praticados para fins de estimativa de custos em estudos de inventário.

Programas Físico-Bióticos (Conta .10.15.45)

- Deve-se aplicar um percentual mínimo de 0,5% do custo total do projeto hidroelétrico. A Resolução CONAMA nº 371/2006 estabelece a aplicação deste percentual em programas destinados à compensação por danos aos ecossistemas atingidos, destacando-se a implantação de uma Unidade de Conservação. No entanto, em função de indicações dos estudos ambientais, pode-se recomendar a aplicação de percentuais superiores a 0,5%, particularmente no caso de projetos localizados na Amazônia, onde os custos desses programas tendem a ser mais expressivos.

Programas Socioeconômicos (Conta .10.15.46)

- Nos casos indicados pelos estudos ambientais recomenda-se a estimativa de custo desses programas de forma individualizada ou através da aplicação de um percentual sobre o custo total dos programas ambientais.

Eventuais (Conta .10.27)

- Deve-se considerar, a título de custos eventuais, 20% sobre o total das contas .10.10 (aquisição de terras e benfeitorias), .10.11 (relocações) e .10.15 (outras ações socioambientais).

Estudos Ambientais (Conta .17.22.40.54)

- Aplicar um percentual entre 20% e 30% do custo total estimado para os estudos de engenharia.

4.10.2 Estruturas e outras Benfeitorias (Conta .11)

A potência instalada é obtida conforme item 4.6.5. Com o valor da queda líquida máxima determinada, no Gráfico 5.7.2.01 dos Estudos Finais, o tipo de turbina e a sua potência máxima para a queda disponível. Deve-se adotar a maior potência unitária, considerando um mínimo de duas unidades.

O custo total desta conta é obtido pela soma do custo das obras civis da casa de força, dos custos das benfeitorias na área da usina e do custo da vila dos operadores.

O custo total das obras civis da casa de força é obtido multiplicando-se o custo por kW instalado pela potência total da casa de força. O custo por kW é dado diretamente pelo Gráfico 4.10.2.01 em função da queda líquida máxima e da potência instalada.

O custo das benfeitorias na área da usina é obtido no Gráfico 4.10.2.02, onde o custo unitário por MW é dado em função da potência instalada da usina.

A vila dos operadores, nesta etapa dos estudos, pode ser considerada como aproveitamento e utilização parcial do acampamento da obra e, portanto, nesse caso, os seus custos estarão incluídos no item acampamento (conta .17), caso contrário seu custo estará incluso nos custos eventuais (conta .11.27).

Deve-se considerar, a título de custos eventuais, 25% sobre o total das contas.11.12 (benfeitorias na área da usina) e .11.13 (casa de força).

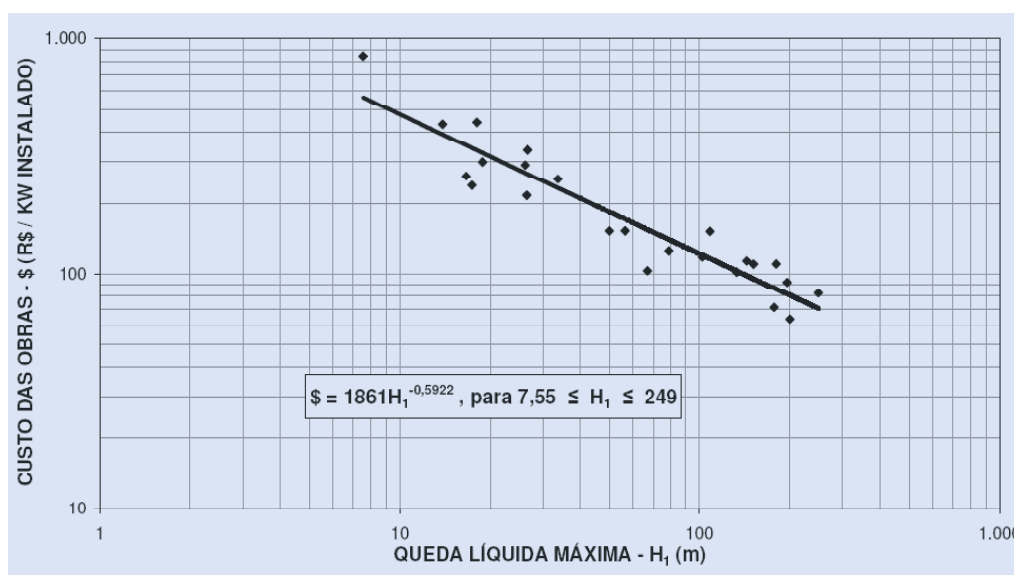


Gráfico 4.10.2.01 – Custo total das obras civis da casa de força (PCE, 2007).

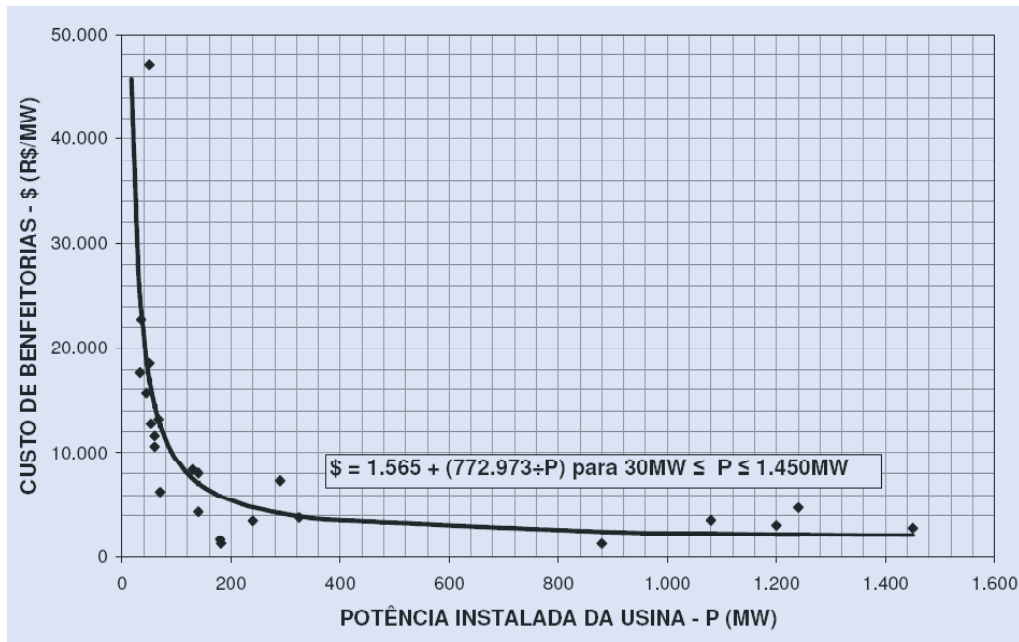


Gráfico 4.10.2.02 – Custo de benfeitorias na área da usina (PCE, 2007).

4.10.3 Desvio do Rio (Conta 12.16)

Deve-se formular um esquema de desvio compatível com o arranjo definido para o aproveitamento. Nos Estudos Preliminares, não será necessária uma otimização da solução e nem a caracterização detalhada das operações de desvio, pois o objetivo é definir a ordem de grandeza das principais estruturas utilizadas especificamente para o desvio e que vão originar custos associados à conta correspondente. Em função da vazão de desvio, o custo global das obras civis e serviços para desvio e controle do rio é obtido diretamente do Gráfico 4.10.3.01.

O custo dos equipamentos hidromecânicos é obtido do Gráfico 4.10.3.02 em função da vazão de desvio, sendo válido para adufas, galerias e túneis. Deve-se considerar, a título de custos eventuais, 20% sobre o total da conta .12.16.

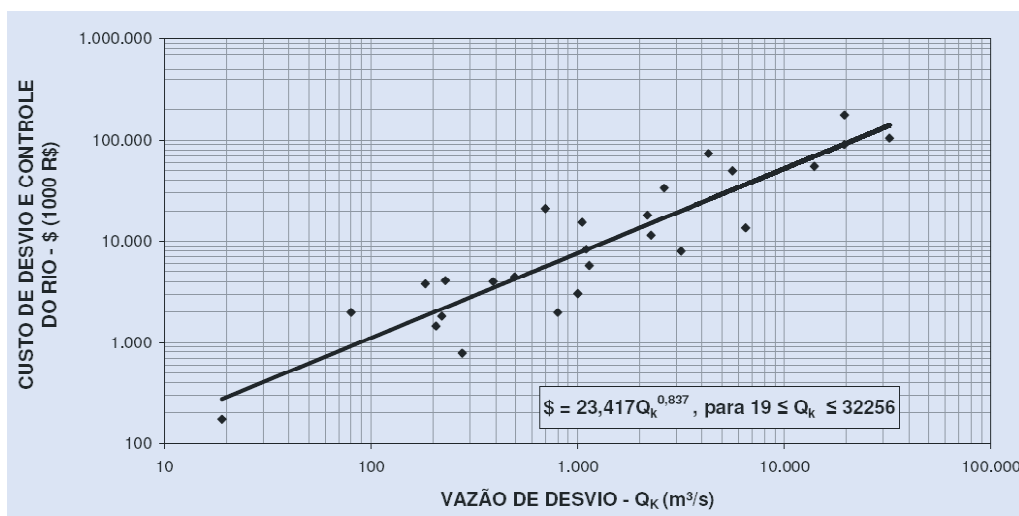


Gráfico 4.10.3.01 – Custo global das obras civis e serviços de desvio e controle do rio (PCE, 2007).

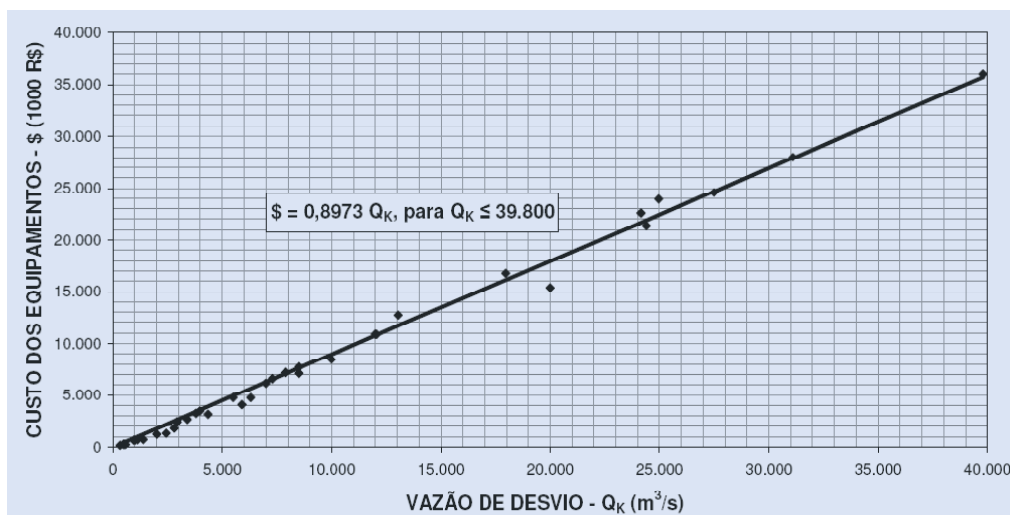


Gráfico 4.10.3.02 – Custo de equipamentos do desvio do rio (PCE, 2007).

4.10.4 Barragens (Conta .12.17)

Determinar, com base na seção transversal do vale, a altura média e o comprimento da estrutura e obter o custo correspondente ao tipo de barragem selecionado dos seguintes gráficos:

- Gráfico 4.10.4.01 – Barragem de terra e enrocamento.
- Gráfico 4.10.4.02 – Barragem de concreto compactado com rolo.
- Gráfico 4.10.4.03 – Barragem de concreto convencional.
- Gráfico 4.10.4.04 – Muros e Transições de concreto.

A altura média pode ser determinada graficamente, considerando trechos curtos de altura aproximadamente constante e calculando a média ponderada desses valores ou por métodos computacionais.

Para transições e muros de concreto, os custos podem ser obtidos utilizando a planilha 584m.xls preparadas para os estudos finais, Anexo C. Os dados de entrada quando não disponíveis poderão ser estimados.

Deve-se considerar, a título de custos eventuais, 25% sobre o total da conta .12.17.

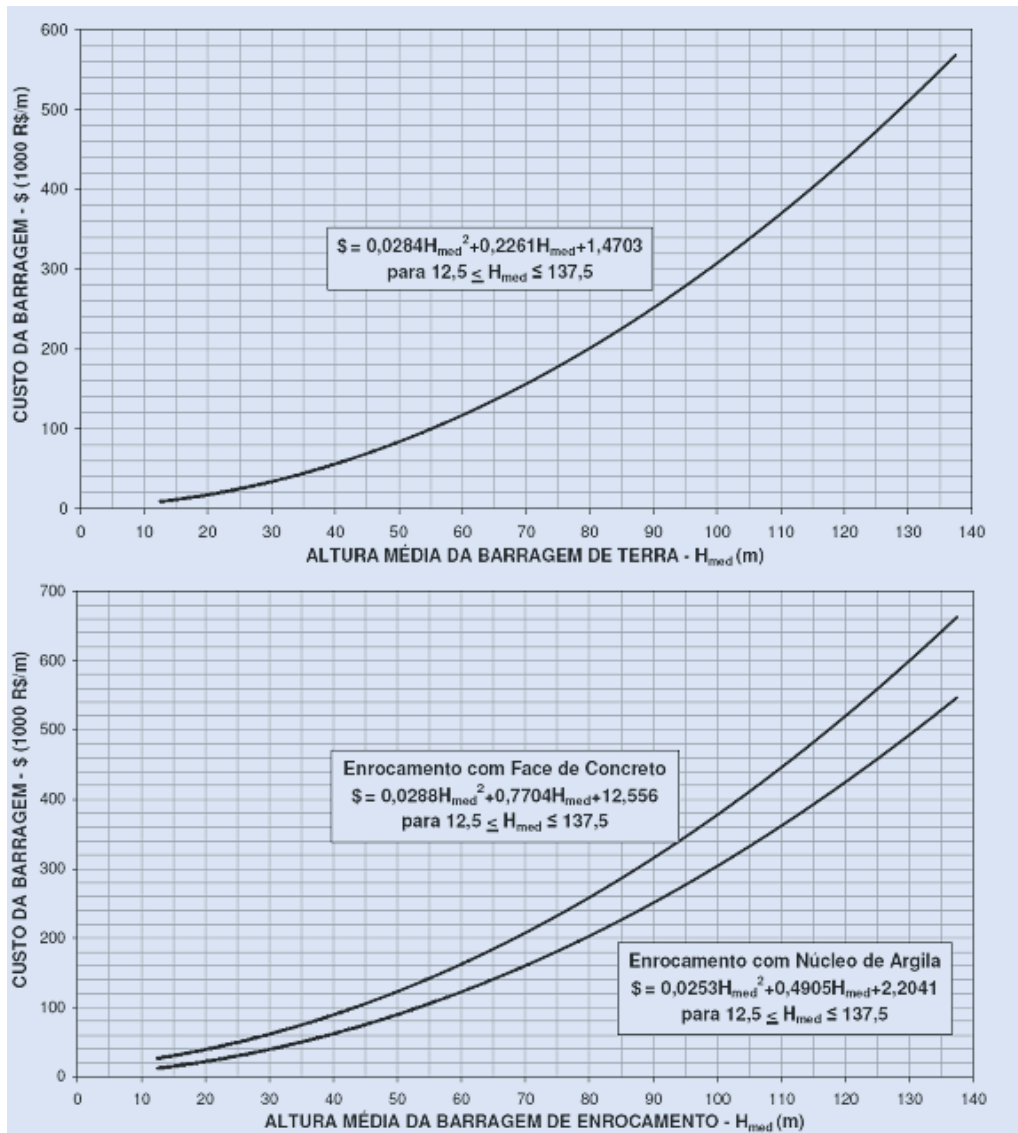


Gráfico 4.10.4.01 – Custo de barragens de aterro (PCE, 2007).

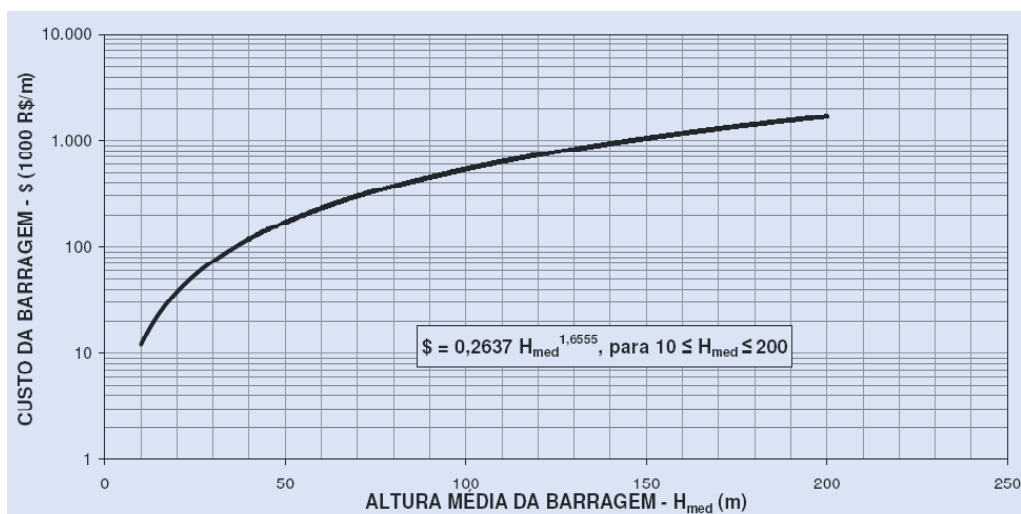


Gráfico 4.10.4.02 – Custo de barragem de concreto compactado a rolo (PCE, 2007).

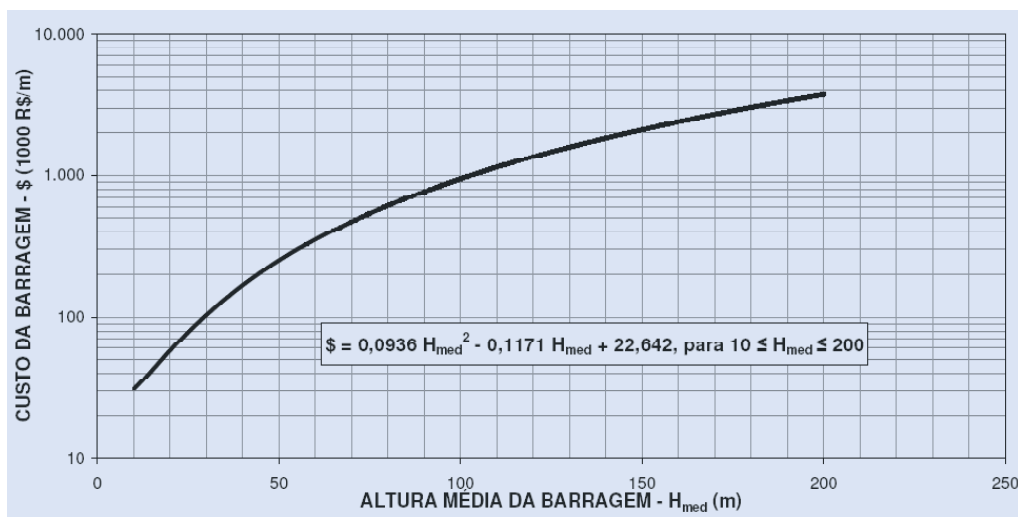


Gráfico 4.10.4.03 – Custo de barragem de concreto convencional (PCE, 2007).

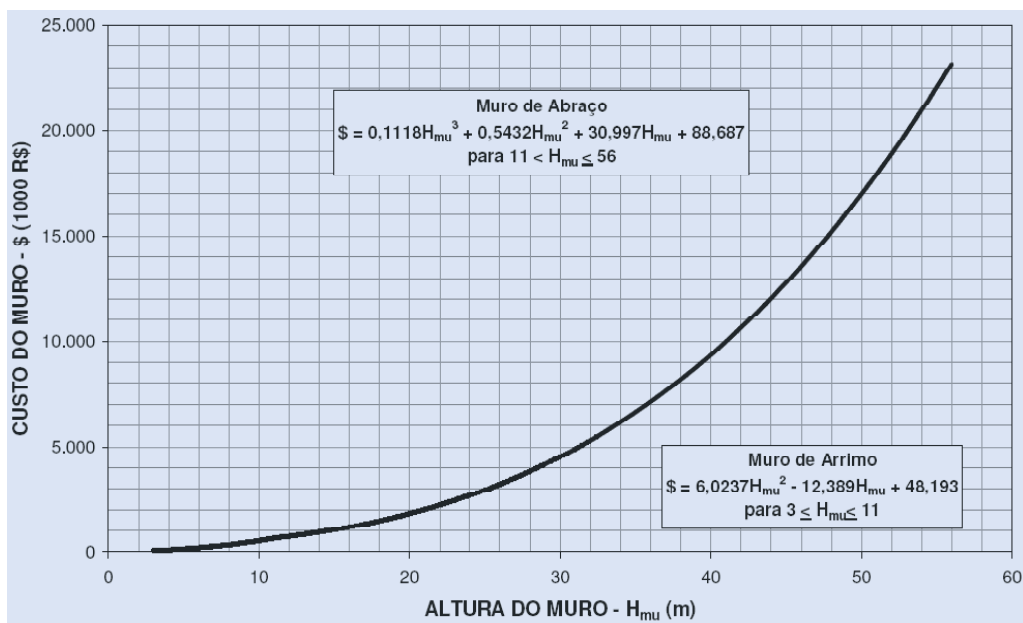


Gráfico 4.10.4.04 – Custo de muros de transição de concreto (PCE, 2007).

4.10.5 Vertedouros (Conta .12.18)

Nesta fase, somente são considerados neste Manual os vertedouros do tipo superfície para efeito de dimensionamento e estimativa de custo das obras civis e equipamentos.

Para vertedouros do tipo de encosta, ou de ogiva baixa, o custo das obras civis é obtido diretamente do Gráfico 4.10.5.01, em função da vazão de projeto dessa estrutura.

Para vertedouros do tipo ogiva alta, o custo das obras civis é função da capacidade máxima de descarga e do desnível entre o nível de água máximo do reservatório e o nível de água máximo a jusante, através dos gráficos:

- Gráfico 4.10.5.02 – Custo das obras civis de vertedouro do tipo ogiva alta em concreto compactado com rolo.
- Gráfico 4.10.5.03 – Custo das obras civis de vertedouro do tipo ogiva alta em concreto convencional.

O custo global das obras civis do vertedouro é obtido multiplicando-se o custo por m^3/s pela vazão de projeto (Gráficos 4.10.5.01 a 4.10.5.03).

O custo dos equipamentos para o vertedouro de superfície é dado no Gráfico 4.10.5.04, em função da vazão de projeto do vertedouro (item 4.1.2).

Deve-se considerar, a título de custos eventuais, 20% sobre o total da conta .12.18.

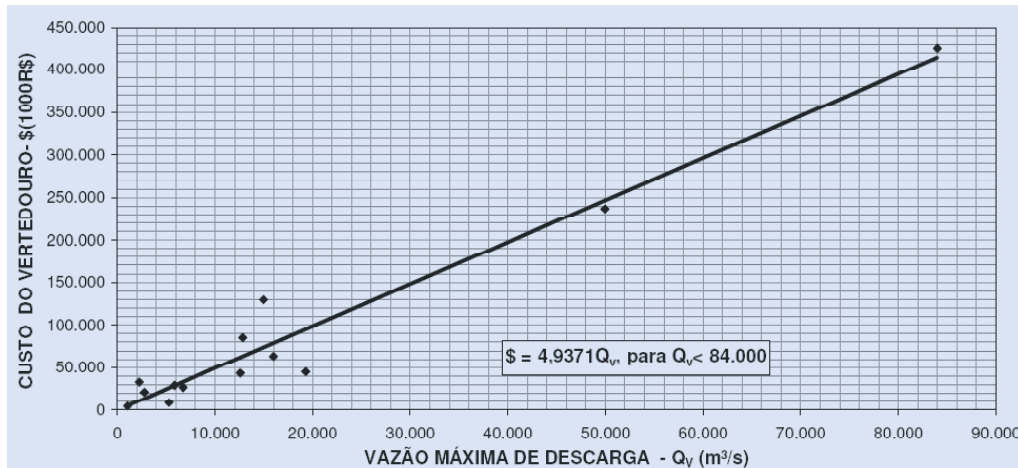


Gráfico 4.10.5.01 – Custo de obras civis de vertedouros do tipo canal (PCE, 2007).

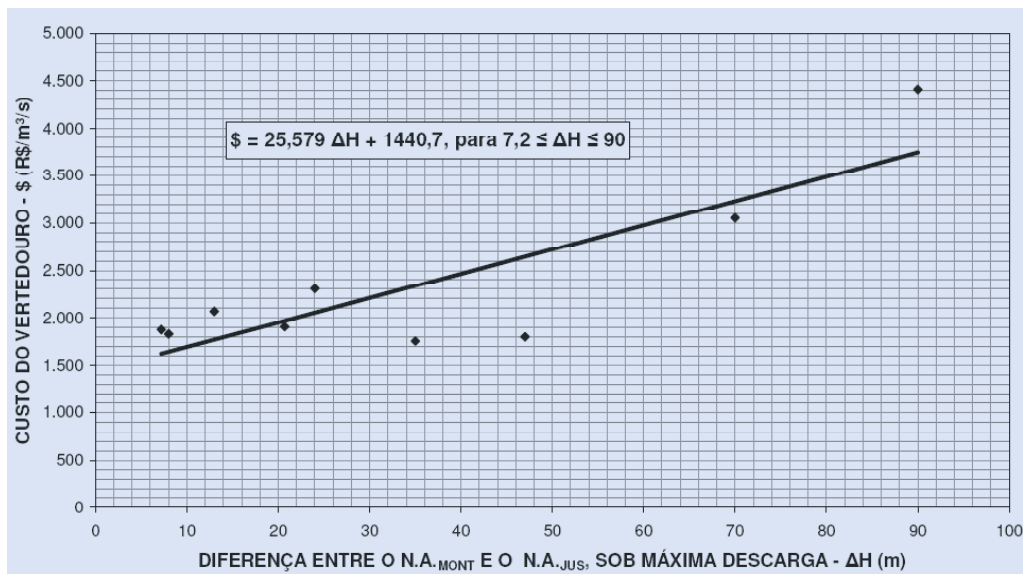


Gráfico 4.10.5.02 – Custo de obras civis de vertedouros do tipo barragem em concreto compactado a rolo (PCE, 2007).

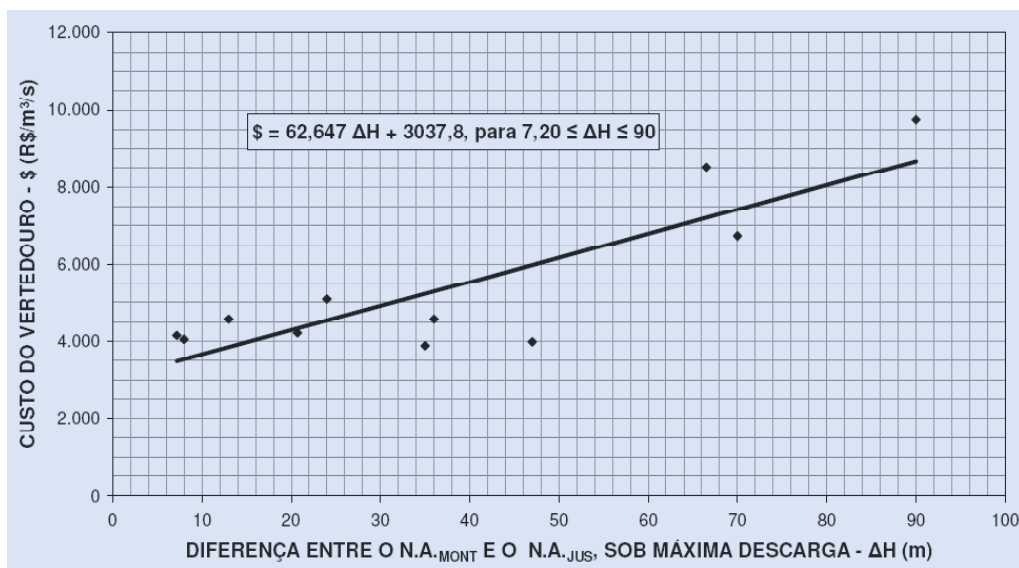


Gráfico 4.10.5.03 – Custo de obras civis de vertedouros do tipo em concreto convencional (PCE, 2007).

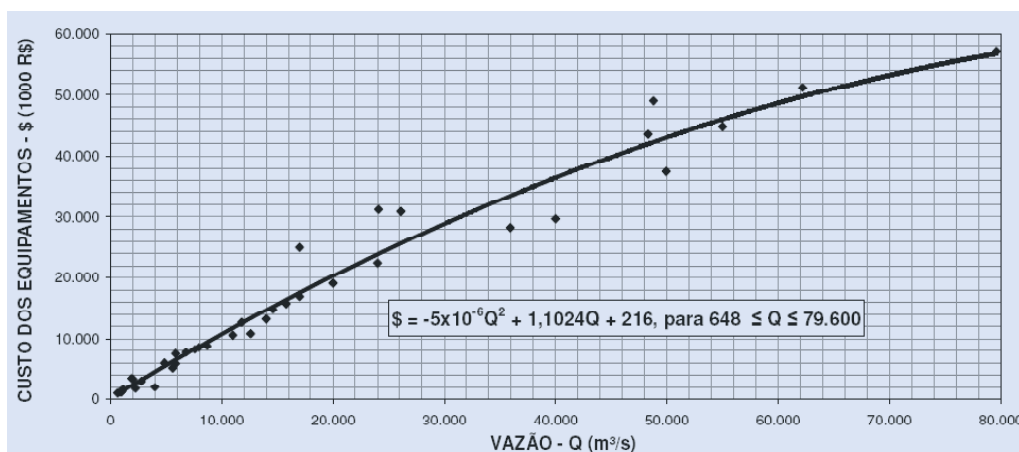


Gráfico 4.10.5.04 – Custo dos equipamentos do vertedouro de superfície (PCE, 2007).

4.10.6 Tomada de Água e Adutoras (Conta .12.19)

Esta conta corresponde à soma das contas das seguintes estruturas:

- Tomada de água
- Canal de adução
- Túnel/conduto adutor
- Chaminé de equilíbrio
- Túneis/conduitos forçados
- Canal/túnel de fuga

Tomada de Água (Conta .12.19.30)

Deve-se obter diretamente do Gráfico 4.10.6.01 o custo das obras civis de um bloco da tomada de água, em função do parâmetro:

$$\frac{Q_a}{(H_t - d)^{\frac{1}{2}}}, \quad (4.10.6.01)$$

onde:

Q_a	Engolimento máximo por abertura da tomada, em m ³ /s
H_t	Altura do bloco da tomada, em m
d	Depleção máxima, em m

O custo total das obras civis da tomada de água é obtido multiplicando-se o custo de um bloco pelo número total de unidades.

O custo dos equipamentos da tomada de água é obtido dos Gráficos 4.10.6.02a, 4.10.6.03a e 4.10.6.04a, respectivamente, para utilização em turbinas Kaplan semi-espiral de concreto, Bulbo, e demais casos, em função do engolimento máximo por abertura. Cada gráfico tem duas curvas, sendo que o custo obtido na curva “A” deverá ser multiplicado pelo número de aduções e adicionado ao valor obtido na curva “B”. Em cada curva, considerar:

CP – Classe de pressão na soleira da comporta:

CP1 ≤ 20m 20m < CP2 ≤ 40m CP3 > 40m

A classe de pressão é obtida pela subtração da cota da soleira da tomada de água do nível máximo normal do reservatório.

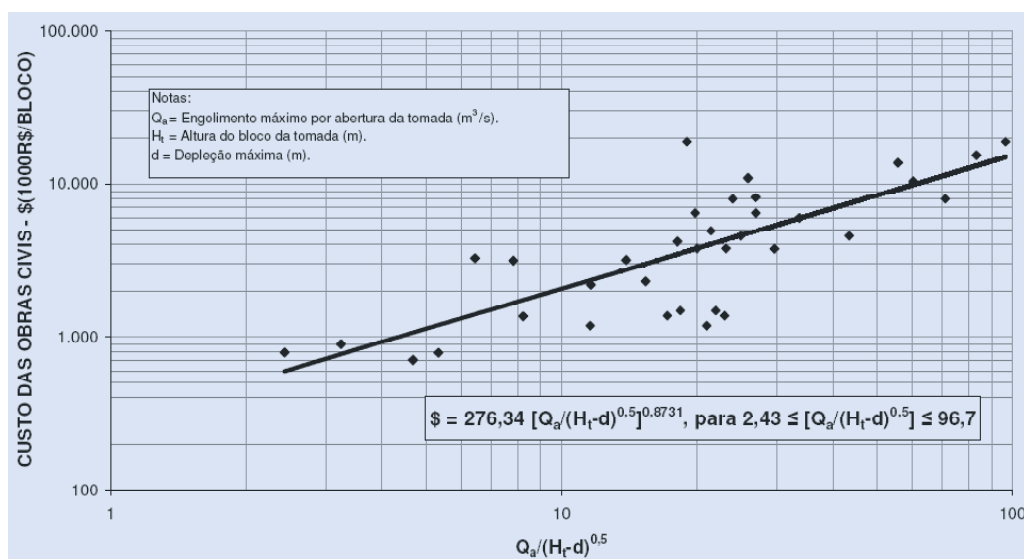


Gráfico 4.10.6.01 – Custo das obras civis da tomada de água (PCE, 2007).

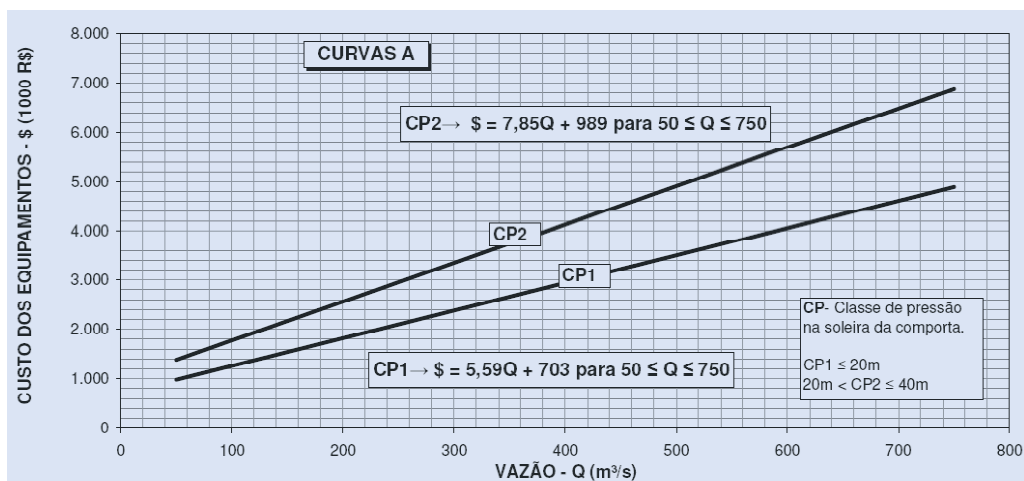


Gráfico 4.10.6.02 – Custo dos equipamentos da tomada de água para unidades Kaplan (PCE, 2007).

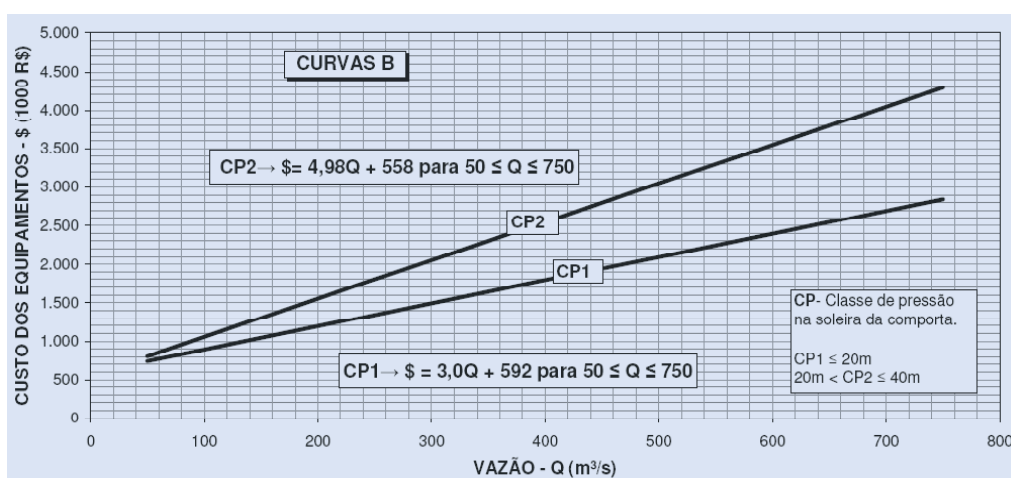


Gráfico 4.10.6.02a – Custo dos equipamentos da tomada de água para unidades Kaplan (PCE, 2007).

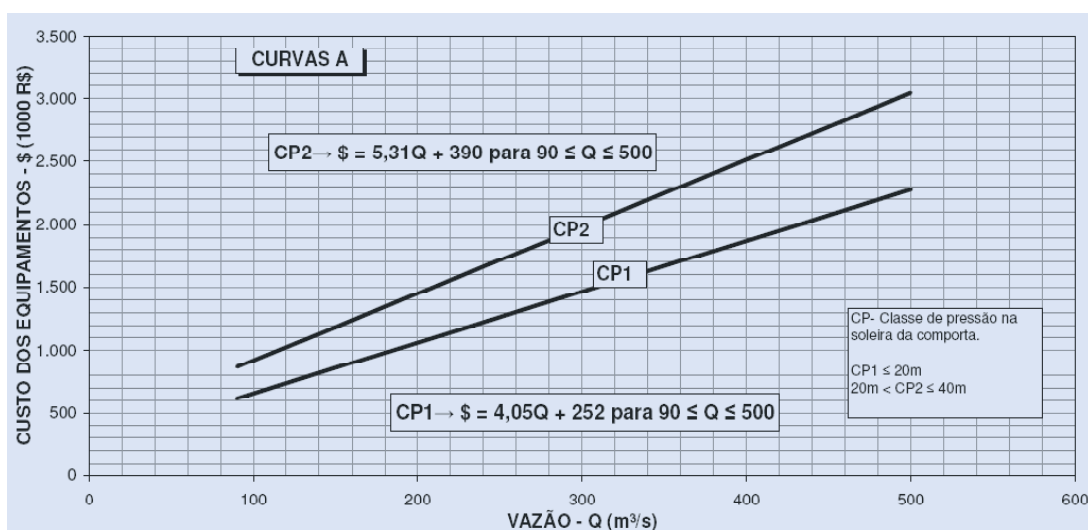


Gráfico 4.10.6.03 – Custo dos equipamentos da tomada de água para unidades Bulbo (PCE, 2007).

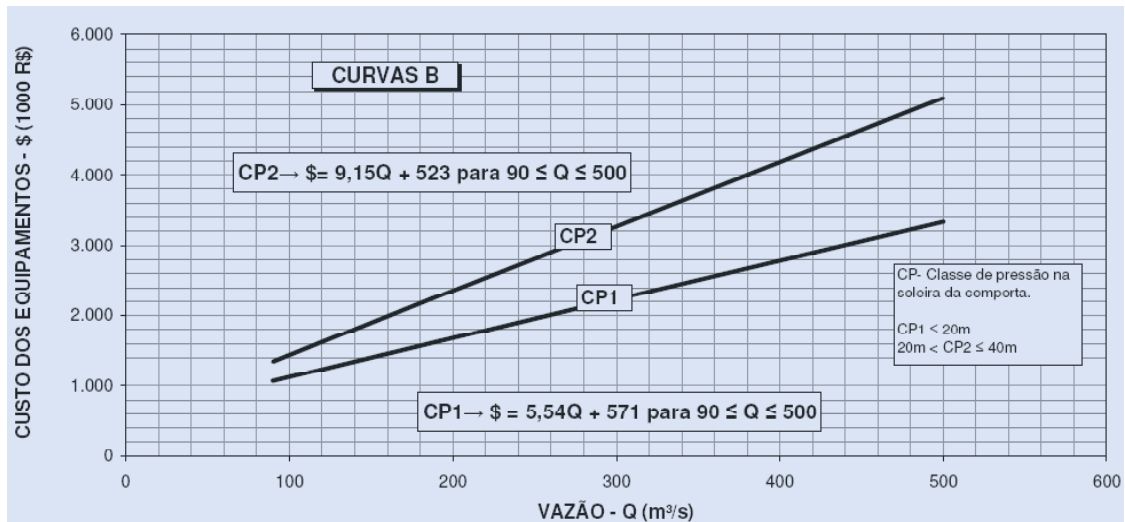


Gráfico 4.10.6.03a – Custo dos equipamentos da tomada de água para unidades Bulbo (PCE, 2007).

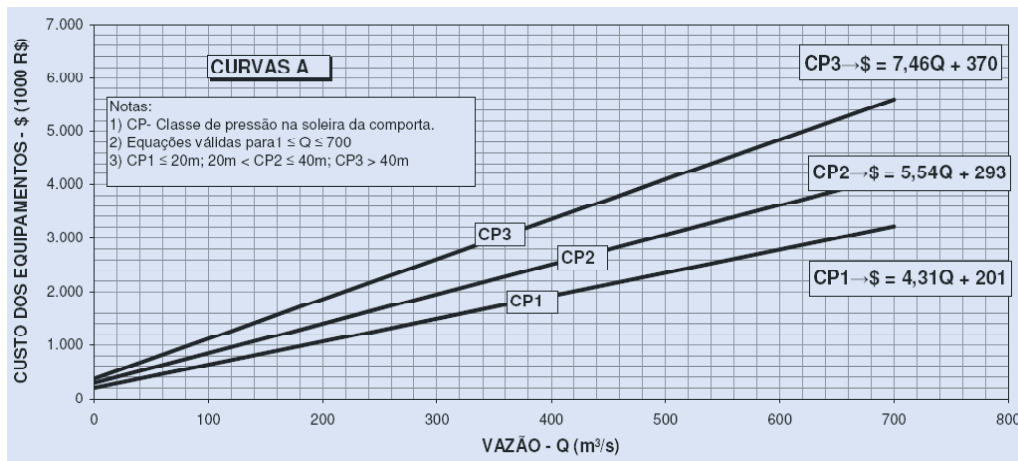


Gráfico 4.10.6.04 – Custo dos equipamentos da tomada de água para unidades Francis e Pelton (PCE,2007).

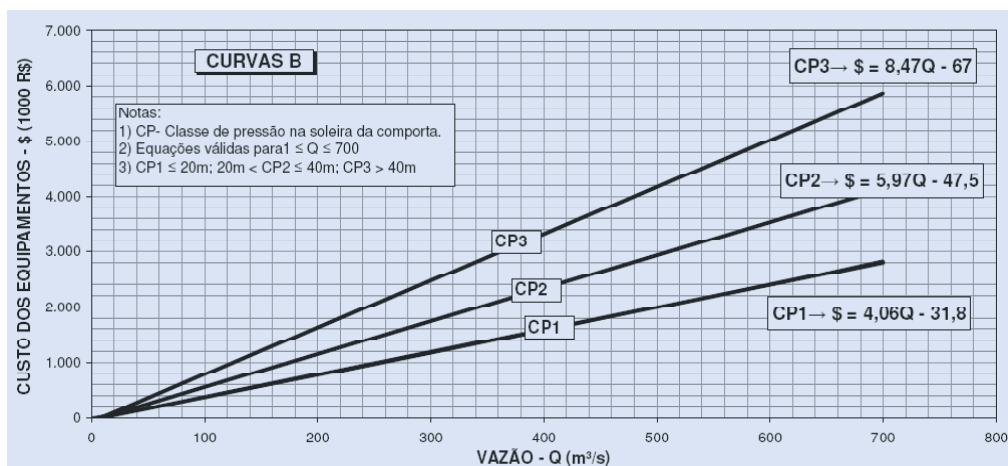


Gráfico 4.10.6.04a – Custo dos equipamentos da tomada de água para unidades Francis e Pelton (PCE, 2007).

Canal de Adução (Conta .12.19.31)

O custo por metro de canal de adução pode ser obtido pelo Gráfico 4.10.6.05, em função do engolimento máximo total da casa de força. O custo global é calculado com base na estimativa do comprimento total do canal de adução e do seu custo por metro.

O engolimento total (Q_t) é obtido pela fórmula:

$$Q_t = \frac{P}{0,0088 \times H_1} \quad (4.10.6.02)$$

onde:

P	Potência instalada da usina (MW)
H_1	Queda líquida máxima (m)

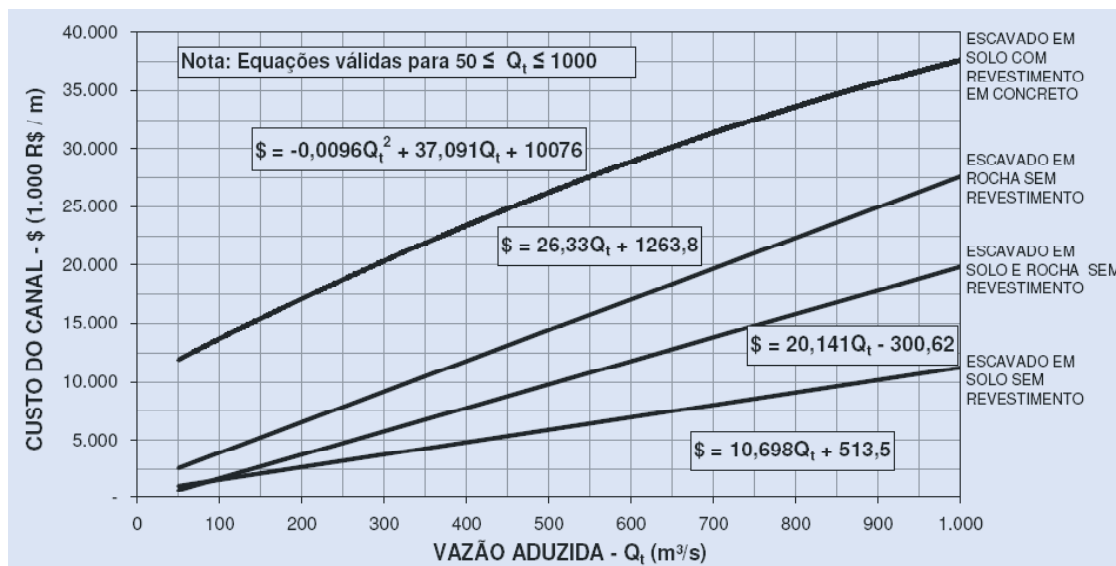


Gráfico 4.10.6.05 – Custo do canal de adução (PCE, 2007).

Túnel e/ou Conduto Adutor (Conta .12.19.32)

A partir dos Gráficos 4.10.6.06, 4.10.6.06a, deve-se obter o custo por metro de túnel com ou sem revestimento, em função do engolimento máximo total e das condições geológicas do local.

O engolimento total (Q_t) é obtido pela fórmula:

$$Q_t = \frac{P}{0,0088 \times H_1} \quad (4.10.6.03)$$

onde:

P	Potência instalada da usina (MW)
H_1	Queda líquida máxima (m)

O custo global das obras civis dos túneis de adução é obtido multiplicando-se o custo do túnel em reais por metro pelo seu comprimento total.

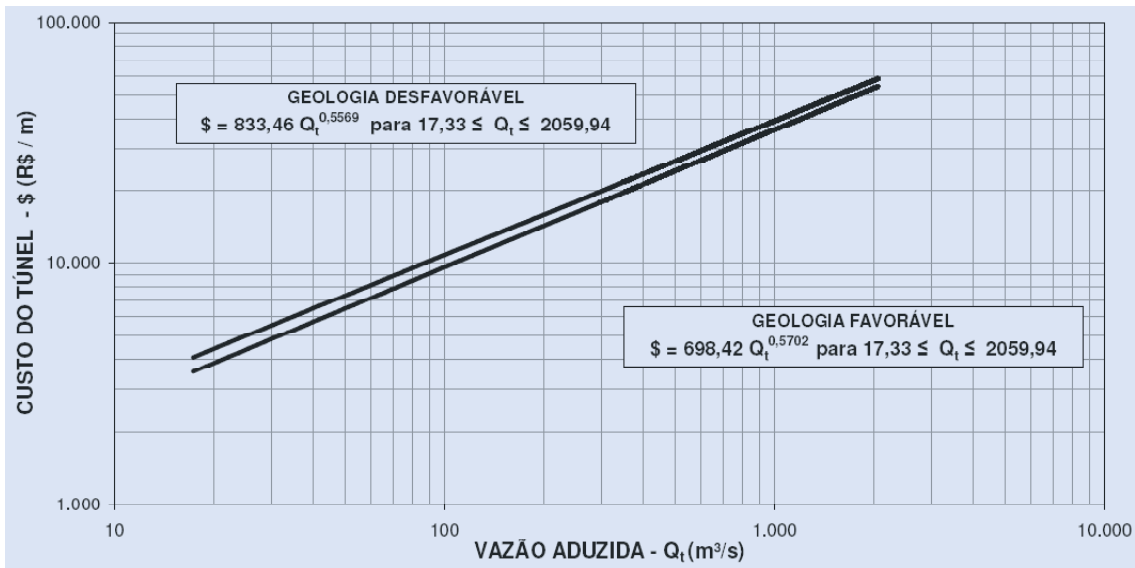


Gráfico 4.10.6.06 – Custo dos túneis de adução com revestimento (PCE, 2007).

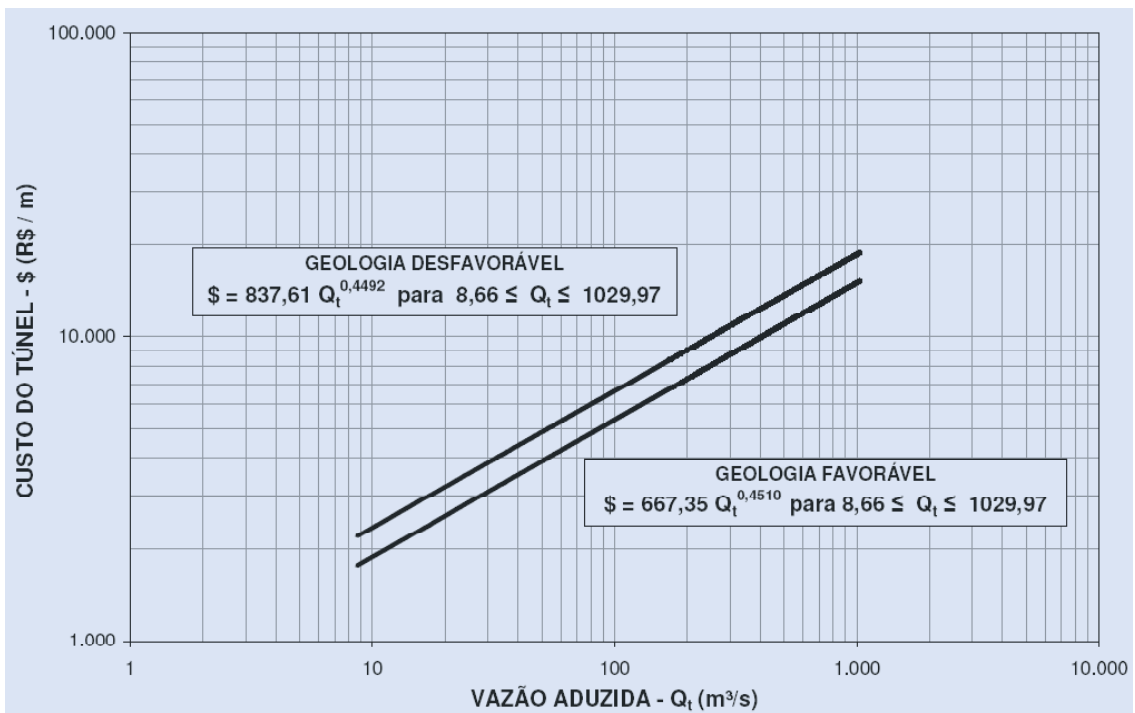


Gráfico 4.10.6.06a – Custo dos túneis de adução sem revestimento (PCE, 2007).

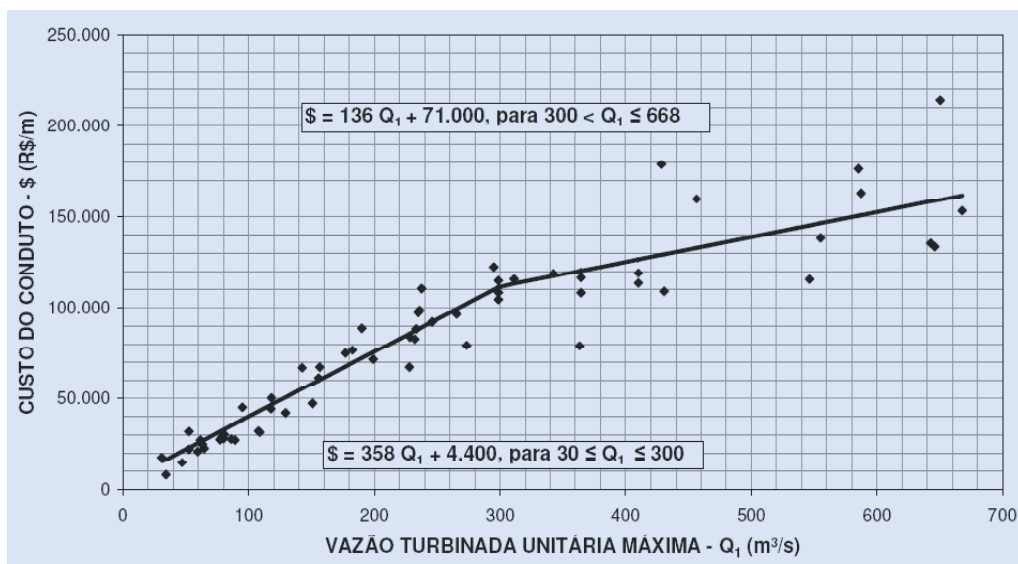


Gráfico 4.10.6.07 – Custo de condutos forçados (sem válvulas) (PCE, 2007).

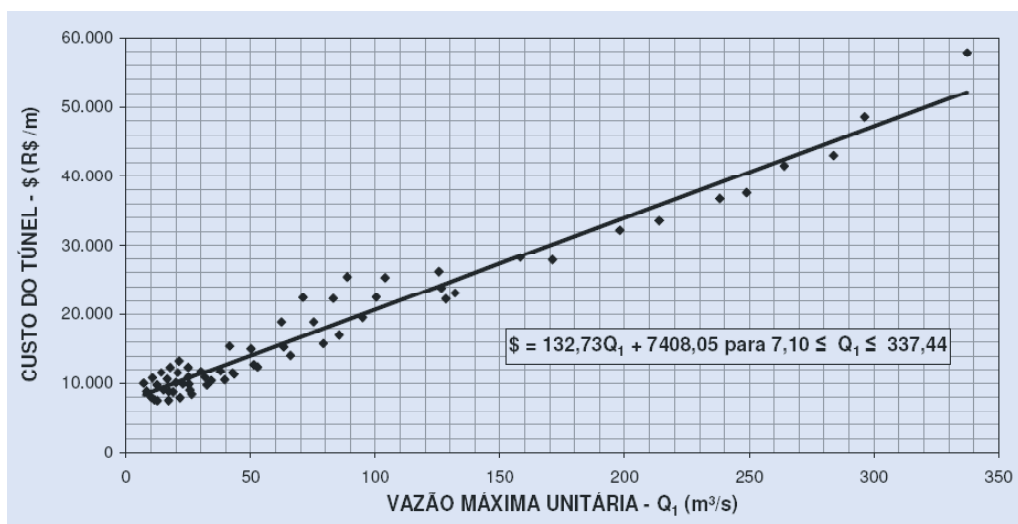


Gráfico 4.10.6.08 – Custo de túneis forçados (sem válvulas) (PCE, 2007).

Chaminé de Equilíbrio (Conta .12.19.33)

Determinar o custo da chaminé de equilíbrio a partir da planilha 586ch.xls preparada para os Estudos Finais, onde os custos são obtidos em função do seu diâmetro e da altura máxima.

Túnel e/ou Conduto Forçado (Conta .12.19.34)

O custo por metro de comprimento das obras civis e equipamentos dos condutos forçados ou dos túneis forçados é obtido diretamente dos Gráficos 4.10.6.07 e 4.10.6.08, respectivamente, em função da vazão turbinada de cada conduto ou túnel. Os custos obtidos, entretanto, não contemplam o uso de válvulas. Os custos desses equipamentos devem ser estimados pelo projetista ou calculados segundo a metodologia apresentada no capítulo 5 – Estudos Finais.

Canal e/ou Túnel de Fuga (Conta .12.19.35)

Deve-se utilizar a mesma metodologia para estimativa de custo de canais de adução e de túneis adutores, onde o custo é função da vazão total da casa de força e do comprimento do canal ou túnel de fuga.

Deve-se considerar, a título de custos eventuais, 20% sobre o total da conta .12.19.

4.10.7 Turbinas e Geradores (Conta .13)

Os Gráficos 4.10.7.01, 4.10.7.02, 4.10.7.03 e 4.10.7.04 apresentam os custos de turbinas em função do parâmetro kW/rpm, respectivamente, para turbinas do tipo Francis, Kaplan com caixa espiral em aço, Kaplan com caixa semi-espiral de concreto e Bulbo. O custo de turbinas Pelton deve ser obtido através de pesquisa junto a fabricantes.

Os Gráficos 4.10.7.05, 4.10.7.06 e 4.10.7.07 apresentam o custo dos geradores em função do parâmetro kVA/pólo, respectivamente, para geradores com eixo vertical, com eixo horizontal e com eixo horizontal para turbinas Bulbo.

Deve-se considerar, a título de custos eventuais, 10% sobre o total da conta .13.

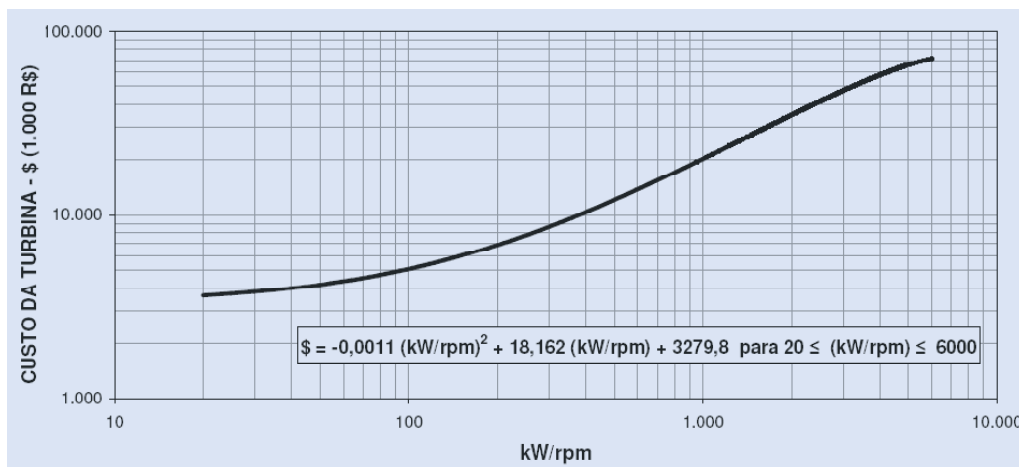


Gráfico 4.10.7.01 – Custo de turbinas Francis eixos vertical e horizontal (PCE, 2007).

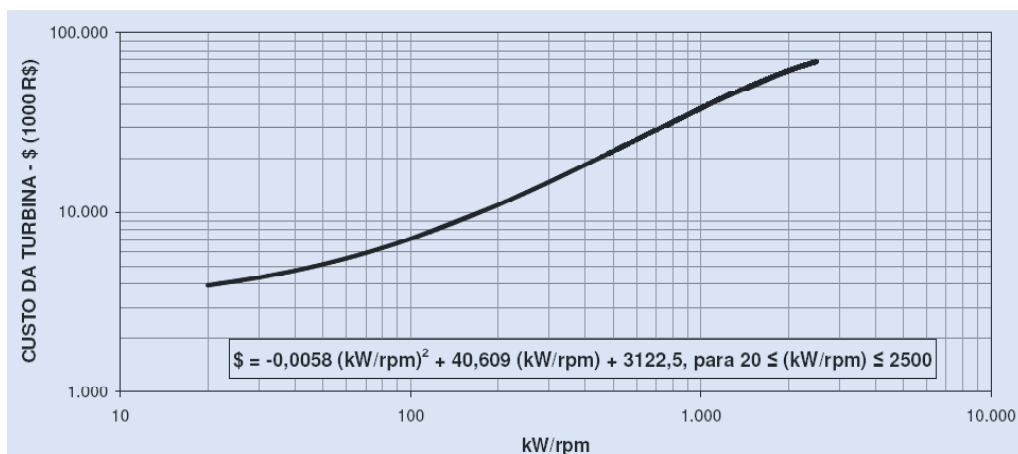


Gráfico 4.10.7.02 – Custo de turbinas Kaplan com caixa espiral em aço (PCE, 2007).

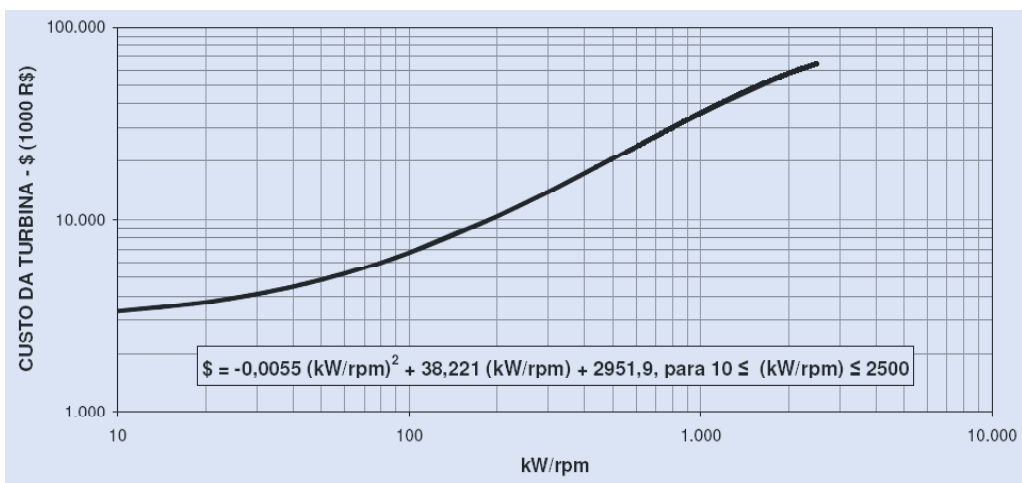


Gráfico 4.10.7.03 – Custo de turbinas Kaplan com caixa semi-espiral em concreto (PCE, 2007).

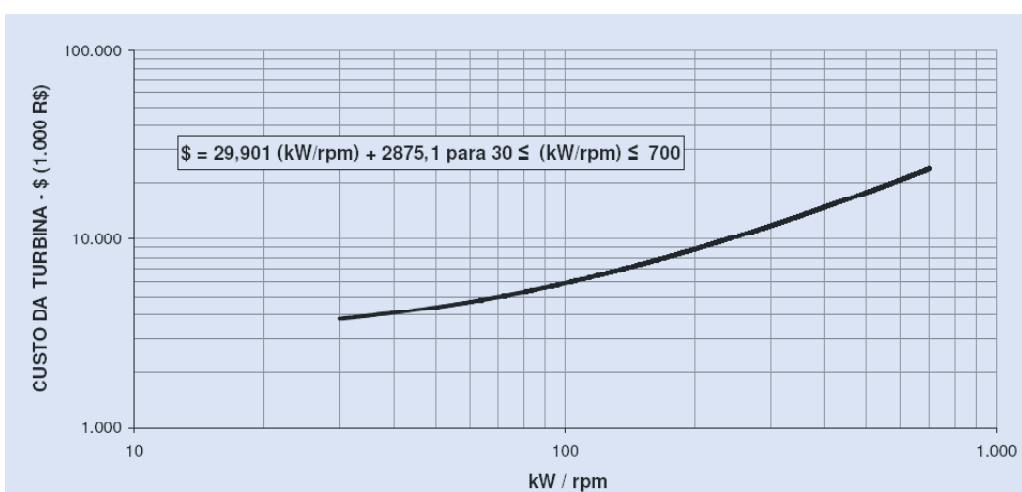


Gráfico 4.10.7.04 – Custo de turbinas Bulbo (PCE, 2007).

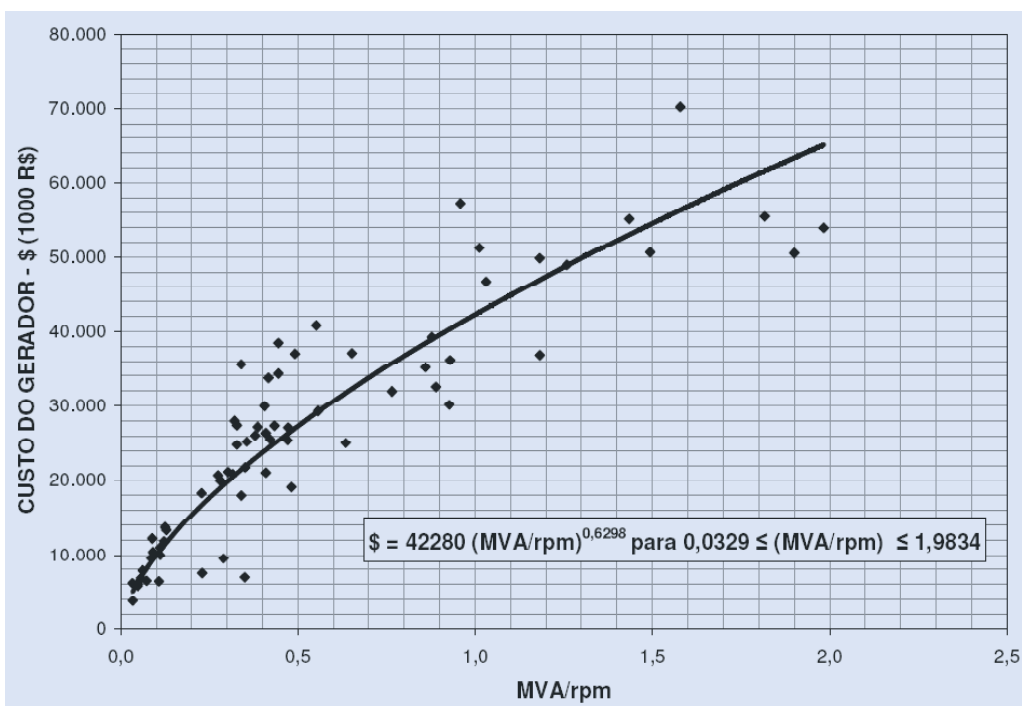


Gráfico 4.10.7.05 – Custo de geradores com eixo vertical (PCE, 2007).

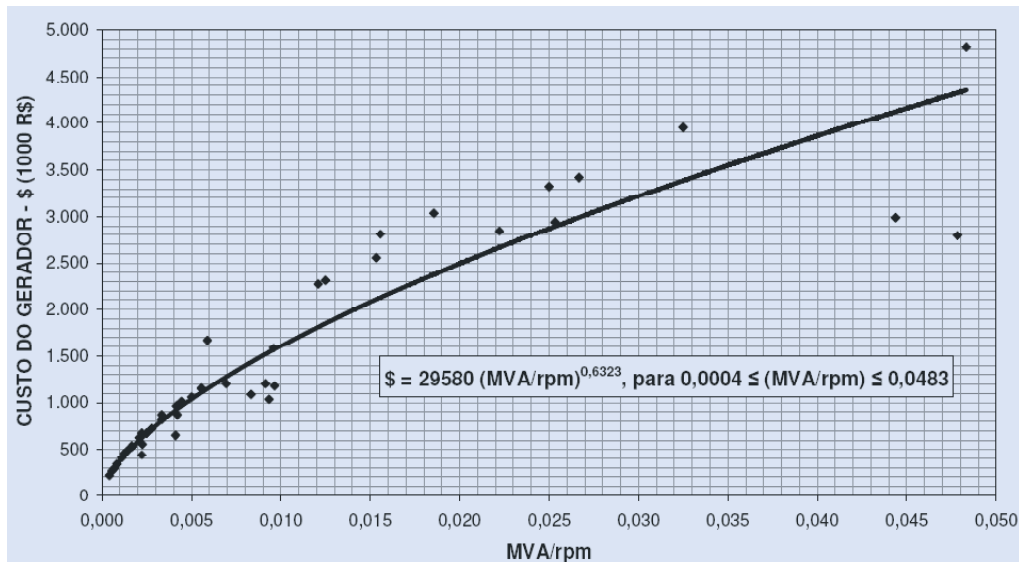


Gráfico 4.10.7.06 – Custo de geradores com eixo horizontal (PCE, 2007).

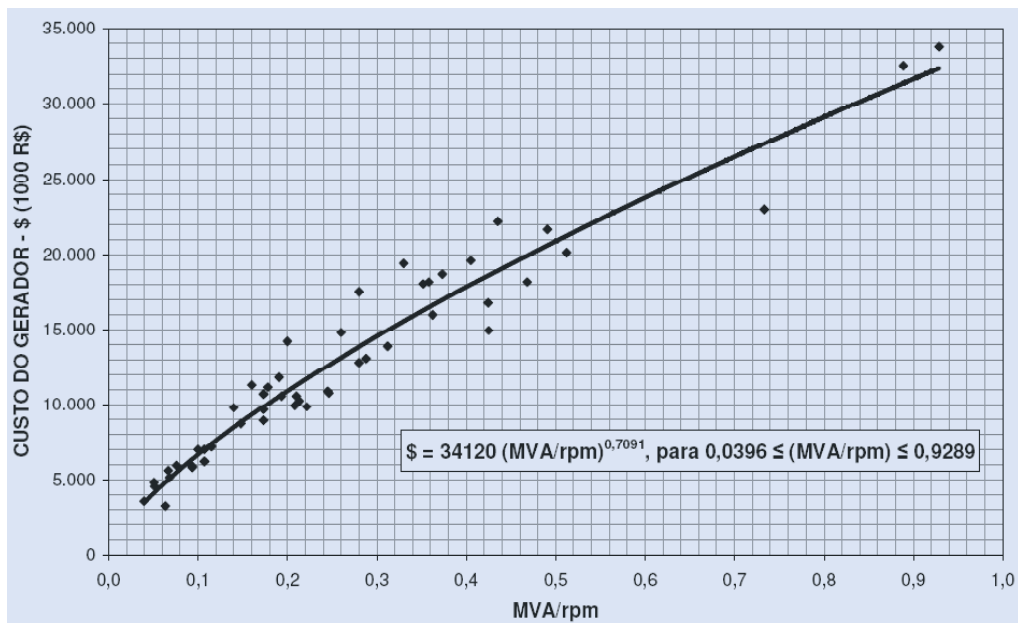


Gráfico 4.10.7.07 – Custo de geradores com eixo horizontal para turbinas Bulbo (PCE, 2007).

4.10.8 Equipamento Elétrico Acessório (Conta .14)

O custo global relativo aos equipamentos elétricos acessórios da usina são estimados em 18% do custo global da conta .13 Turbinas e Geradores.

Deve-se considerar, a título de custos eventuais, 20% sobre o total da conta .14.

4.10.9 Diversos Equipamentos da Usina (Conta .15)

O custo global dos demais equipamentos da usina, incluídos o custo da ponte ou pórtico rolante principal e os equipamentos hidromecânicos e de levantamento do tubo de sucção, deverá ser considerado como igual a 10% do custo global da conta .13 Turbinas e Geradores.

Deve-se considerar, a título de custos eventuais, 20% sobre o total da conta .15.

4.10.10 Estradas e Pontes (Conta .16)

A partir do mapa viário da região e de eventual incursão ao campo é identificada a necessidade de construção de pontes, assim como de estradas, e definidas as classes de construção. Com base na estimativa dos comprimentos, pode-se calcular o custo desta conta utilizando-se os preços unitários dos Quadros 4.10.10.01, 4.10.10.02 e 4.10.10.03.

Deve-se considerar, a título de custos eventuais, 25% sobre o subtotal da conta .16.

Quadro 4.10.10.01 – Custo de estradas de rodagem (R\$/Km) (PCE, 2007).

CLASSIFICAÇÃO DNIT		CUSTO UNITÁRIO (R\$/km)					
		ARTÉRIA PRINCIPAL	ARTÉRIA PRIMÁRIA	ARTÉRIA SECUNDÁRIA	COLETORA PRIMÁRIA	COLETORA SECUNDÁRIA	LOCAL
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	PISTA (m)	14	7	7	6	6	6
	PLATAFORMA (m)	24	13	11	8	7	6
SUL, SUDESTE, CENTRO-OESTE e NORDESTE	PAVIMENTADA	2.600.000	1.500.000	1.300.000	865.000	735.000	558.000
	NÃO PAVIMENTADA	1.250.000	760.000	650.000	432.000	345.000	257.000
NORTE, AO SUL DO RIO AMAZONAS	PAVIMENTADA	3.650.000	2.100.000	1.800.000	1.200.000	1.028.000	782.000
	NÃO PAVIMENTADA	1.750.000	1.080.000	900.000	605.000	485.000	363.000
NORTE, AO NORTE DO RIO AMAZONAS	PAVIMENTADA	4.700.000	2.700.000	2.320.000	1.550.000	1.320.000	1.005.000
	NÃO PAVIMENTADA	2.240.000	1.400.000	1.160.000	778.000	625.000	463.000

Quadro 4.10.10.02 – Custo de estradas de ferro (R\$/Km) (PCE, 2007).

DESCRIÇÃO		CUSTO DEZ/06
INFRA-ESTRUTURA		(R\$/Km)
TOPOGRAFIA TÍPICA	PLANA	1.250.000
	ONDULADA	1.625.000
	MONTANHOSA	2.000.000
SUPERESTRUTURA		(R\$/Km)
TIPOS DE BITOLA	1,00 m	935.000
	1,60 m	1.100.000
	MISTA	1.265.000
OBRAS DE ARTE ESPECIAIS		(R\$/m)
OBRAS EM CONCRETO	PONTES	20.000
	VIADUTOS	25.000

Quadro 4.10.10.03 – Custo de pontes rodoviárias (R\$/m²) (PCE, 2007).

REGIÃO	CUSTO UNITÁRIO (R\$ / m ²)			
	TIPO DE FUNDAÇÃO			
	DIRETA	ESTACAS	TUBULÃO A CÉU ABERTO	TUBULÃO A AR COMPRIMIDO
SUL, SUDESTE, CENTRO-OESTE e NORDESTE	1.200	1.500	1.700	1.900
NORTE, AO SUL DO RIO AMAZONAS	1.700	2.000	2.400	2.700
NORTE, AO NORTE DO RIO AMAZONAS	2.200	2.600	3.000	3.500

4.10.11 Custo Direto Total

O custo direto total corresponde à soma das contas relativas aos itens 4.10.1 a 4.10.10.

4.10.12 Custos Indiretos (Conta .17)

Adotar-se-á para esta conta, que representa os custos referentes a canteiro e acampamento, engenharia e administração do proprietário, o valor global obtido a partir de percentuais aplicados sobre o custo direto total, e que variam conforme a região:

40%	Região Amazônica ao Norte do Rio Amazonas
35%	Região Amazônica ao Sul do Rio Amazonas
30%	Demais regiões

4.10.13 Custo Total sem Juros

O custo total sem juros corresponde à soma do custo direto total com os custos indiretos.

4.10.14 Juros Durante a Construção (Conta .18)

Na determinação dos valores de juros durante a construção apresentados no item 5.7.9 considerou-se, como exemplo, taxas de juros anuais de 10% e 12% e distinguem os projetos pelo tempo de construção, utilizando curvas padrão de desembolso de investimento. Observa-se que a taxa de juros, para o cálculo dos juros durante a construção, deverá ser obtida junto ao poder concedente.

4.11 COMPARAÇÃO E SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS

Nos Estudos Preliminares, a análise e a comparação de alternativas têm por objetivo não somente a eliminação de alternativas não competitivas, mas também, orientar o processo de sua reformulação, de modo a identificar as características da bacia que pareçam determinantes para minimização da relação custo-benefício energético e dos impactos socioambientais negativos.

As avaliações visam orientar os Estudos Finais de Inventário, que devem ficar restritos às alternativas mais competitivas, tanto sob o critério de custo-benefício energético como sob o ponto de vista dos impactos socioambientais, para as quais as vantagens que se espera conseguir com um estudo mais detalhado compensem o esforço de sua realização. A seleção das alternativas que serão examinadas com maior profundidade na fase dos Estudos Finais deverá ser feita utilizando-se os índices custo-benefício energético e de impacto socioambiental negativo, descritos nos itens 4.11.1 e 4.11.2.

4.11.1 Índice Custo-benefício Energético

As análises e comparações econômico-energéticas realizadas em Estudos de Inventário Hidroelétrico têm como base índices custo-benefício energético, expressos em R\$/MWh e calculados sempre como a razão entre o custo de obtenção de um acréscimo na energia firme do sistema de referência e o valor desse acréscimo. Este índice pode ser calculado isoladamente para cada aproveitamento ou para um conjunto de aproveitamentos de uma alternativa, assim como para a alternativa como um todo, conforme definido na seqüência.

Índice Custo-benefício Energético do Aproveitamento

O benefício energético de cada aproveitamento de uma alternativa é medido pelo acréscimo na energia firme do sistema de referência proporcionada pela adição do aproveitamento, supondo todos os outros aproveitamentos da alternativa já construídas (ganho de energia firme em última adição – item 4.6.3). O índice custo-benefício energético de cada aproveitamento é definido como a razão entre o seu custo total anual e o seu benefício energético. É calculado pela seguinte expressão:

$$ICB_i = \frac{CT_i}{8760 \times \Delta E_f_i} \quad (4.11.1.01)$$

onde:

ICB_i	Índice custo-benefício energético da usina i, em R\$/MWh
CT_i	Custo total anual da usina i, em R\$
ΔE_f_i	Acréscimo de energia firme propiciado pela adição da usina i em MW médios, considerando todos os aproveitamentos da alternativa como já construídos

O custo total anual (CT_i) de cada usina é calculado pela expressão:

$$CT_i = C_i \cdot FRC + P_i \cdot COM \cdot 10^3 \quad (4.11.1.02)$$

onde:

C_i	Custo do aproveitamento i, em R\$, determinado nos Estudos Preliminares, incluindo juros durante a construção
FRC	Fator de recuperação de capital, ao longo da vida econômica útil do aproveitamento, segundo a taxa de desconto adotada, definido pela expressão seguinte:

$$FRC = \frac{j \times (1+j)^z}{(1+j)^z - 1} \quad (4.11.1.03)$$

onde:

j	Taxa anual de desconto (item 2.6)
z	Vida econômica útil das usinas hidrelétricas, normalmente considerada como igual a 50 anos (item 2.6)
COM	Custo anual de operação e manutenção de usinas hidrelétricas, em R\$/kW/ano, fixado nos critérios básicos (item 2.6)

Índice Custo-benefício Energético de Grupos de Aproveitamentos

O benefício energético de um conjunto de aproveitamentos é medido pelo acréscimo na energia firme do sistema de referência propiciado pela adição simultânea de todos os aproveitamentos do conjunto, supondo todos os outros aproveitamentos da alternativa como já construídos (item 4.6.3). O índice custo-benefício energético do grupo é então definido como a razão entre o custo anual do conjunto e o seu benefício energético.

Eliminação de Projetos não Competitivos

Considerando que todos os aproveitamentos de uma alternativa devem ser economicamente vantajosos, torna-se necessária a eliminação de projetos não competitivos. Para tanto, é feita uma comparação do índice custo-benefício energético de cada aproveitamento, ICB_j , com o Custo Unitário de Referência, CUR, definido no item 2.6. Assim, uma usina hidroelétrica só é considerada economicamente competitiva se seu índice custo-benefício energético for menor que o custo unitário de referência.

Como a eliminação de um aproveitamento numa alternativa provoca alterações nos índices custo-benefício energético dos outros aproveitamentos, o processo de eliminação deve ser iterativo, procurando-se garantir que, ao seu final, somente aproveitamentos economicamente competitivos em última adição façam parte da alternativa.

Tendo em vista as interdependências entre aproveitamentos, não se deve ficar restrito à verificação da competitividade econômico-energética isolada dos aproveitamentos, devendo-se também verificar a existência de conjuntos de aproveitamentos não competitivos, comparando-se índices custo-benefício energéticos de conjuntos de aproveitamentos com o custo unitário de referência. Deve-se verificar pelo menos conjuntos de até três aproveitamentos, não sendo necessária a verificação de conjuntos hidraulicamente desconectados.

O cálculo do índice custo-benefício energético dos aproveitamentos de uma alternativa de divisão de queda e a eliminação de projetos não competitivos podem ser obtidos utilizando-se a função “Elimina”, com opção “sem simulação” do sistema SINV. Esta função fornece o ICB dos aproveitamentos e indica aqueles cujo ICB excede o CUR, permitindo que os projetos marcados sejam eliminados, dando origem a uma nova alternativa de divisão de queda.

Revisão da Divisão de Queda

Completado o processo de eliminação de projetos não competitivos para uma alternativa de divisão de queda, no caso de ocorrência de eliminação de projetos deve-se avaliar a possibilidade técnica e econômica de se recuperar parte dos desníveis dos trechos correspondentes aos aproveitamentos eliminados, elevando-se a altura da barragem a jusante do trecho e deslocando-se para jusante o eixo do aproveitamento a montante do trecho.

Índice Custo-benefício Energético da Alternativa

Uma vez que cada alternativa de divisão de queda fornece um ganho diferente de energia firme ao sistema de referência, a comparação das alternativas entre si requer uma homogeneização desses valores.

Isto é feito complementando a produção associada às alternativas com menor ganho de energia firme, até o maior valor dentre todos, ao custo unitário de referência.

O índice custo-benefício energético de cada alternativa, que será o parâmetro com o qual ela será avaliada, é dado por:

$$ICB_a = \frac{CT_a + 8760 \times CUR \times (\Delta Ef^* - \Delta Ef_a)}{8760 \times \Delta Ef^*} \quad (4.11.1.04)$$

onde:

ICB_a	Índice custo-benefício energético da alternativa a, em R\$/MWh
CUR	Custo unitário de referência, em R\$/MWh
ΔEf^*	Ganho de energia firme fornecido pela alternativa com maior produção no conjunto das analisadas, em MW médios
ΔEf_a	Ganho de energia firme fornecido pela alternativa a, em MW médios
CT_a	Custo total anual da alternativa a, depois que todos os aproveitamentos não econômicos forem eliminados, em R\$

Deve-se ressaltar que o ganho de energia firme de uma alternativa não deve ser calculado como a soma dos ganhos de energia firme de última adição dos aproveitamentos que a compõem, pois isto significaria somar mais de uma vez os benefícios de um aproveitamento. Nos Estudos Preliminares, o ganho de energia firme da alternativa deverá ser computado como indicado no item 4.6.3.

No sistema SINV a função “Avaliação Econômica Energética” determina o ICB das alternativas de divisão de queda de um conjunto pré-selecionado, segundo os procedimentos descritos no item 4.6, para tal, deve-se optar pela execução “sem simulação”.

4.11.2 Índice Socioambiental Negativo

O índice socioambiental negativo de uma alternativa de divisão de queda deve expressar a intensidade do impacto negativo sobre a área de estudo do conjunto dos aproveitamentos que a compõem. Nos Estudos Preliminares, a obtenção deste índice visa a hierarquização das alternativas em função do atendimento ao objetivo de minimização dos impactos socioambientais negativos, de modo a subsidiar a seleção daquelas que irão ser objeto de análise nos Estudos Finais.

O cálculo do índice socioambiental negativo de uma alternativa se desenvolve em duas etapas:

- Composição do índice de impacto negativo da alternativa sobre cada componente-síntese (relativo à agregação dos índices de aproveitamentos em índice de alternativa de divisão de queda).
- Composição do índice de impacto negativo da alternativa sobre o sistema socioambiental (correspondente à agregação dos seus índices de impacto negativos relativos a todos os componentes-síntese).

Composição do Índice de Impacto Negativo da Alternativa sobre cada Componente-síntese (IAC)

O índice de impacto socioambiental negativo da alternativa de divisão de queda sobre cada componente-síntese deve representar o impacto do conjunto de aproveitamentos sobre o componente-síntese na área de estudo, considerando-se todos os aproveitamentos da alternativa implantada. Para tanto, seria necessário considerar, além dos processos impactantes de cada aproveitamento analisado isoladamente, os efeitos cumulativos e sinérgicos entre os aproveitamentos que afetam uma mesma subárea, bem como os aqueles entre os processos impactantes das diferentes subáreas.

Entretanto, tal consideração acarretaria uma grande complexidade para a análise, devido ao elevado número de alternativas nos Estudos Preliminares. Optou-se então por uma simplificação com relação

à consideração dos efeitos cumulativos e sinérgicos, com a finalidade de pré-selecionar as alternativas que merecerão análise mais detalhada nos Estudos Finais.

Assim, nos Estudos Preliminares, para compor o índice de impacto negativo da alternativa sobre cada componente-síntese (IAC) foram adotados os procedimentos descritos a seguir:

- Obtenção do índice de impacto negativo da alternativa sobre componente-síntese em cada subárea

Nesta etapa propõe-se um procedimento simplificado¹⁰ para o cálculo do índice de impacto cumulativo em cada subárea. Seja n o número de aproveitamentos da alternativa em análise que impactam uma subárea j . A partir dos índices de impacto negativo atribuídos isoladamente a cada um destes aproveitamentos $I_{SA}^c(j,i)$, $i=1,\dots,n$, obtém-se o impacto cumulativo de todos os aproveitamentos através da seguinte iteração:

$$I_{SA}^c(j,i) = I_{SA}^c(j,i-1) + \left[(1 - I_{SA}^c(j,i-1)) * I_{SA}(j,i) \right], \quad i=1, \dots, n \quad (4.11.2.01)$$

onde:

$I_{SA}(j,i)$	Impacto na subárea j quando se instala apenas o i -ésimo aproveitamento da alternativa
$I_{SA}^c(j,i)$	Impacto cumulativo na subárea j quando se instalam os aproveitamentos 1, 2, ..., i da alternativa

Sendo $I_{SA}^c(j,0) = 0$ o valor inicial do impacto cumulativo.

Depois de realizadas todas as iterações (considerando todos os aproveitamentos de alternativa instalados) obtém-se o impacto cumulativo na subárea j :

$$I_{SA}^c(j) = I_{SA}^c(j,n) \quad (4.11.2.02)$$

No caso do componente População Indígena, como a unidade espacial de análise é a área de estudo, adota-se o mesmo procedimento considerando-se uma única subárea.

- Agregação dos índices relativos às subáreas em índice de impacto negativo da alternativa sobre componente-síntese na área de estudo

O índice de impacto negativo da alternativa sobre componente-síntese na área de estudo (IAC) será obtido pela soma ponderada dos índices de impacto relativos às subáreas, ou seja:

$$IAC = \sum_j I_{SA}^c(j) P(j) \quad (4.11.2.03)$$

onde:

$P(j)$	Fator de ponderação relativo a cada subárea j
--------	---

Os fatores de ponderação entre as subáreas, definidos na etapa de diagnóstico, são utilizados para possibilitar a relativização dos índices de impacto nas subáreas no contexto da área de estudo. Visando manter os valores de IAC entre zero e um, os pesos $P(j)_i$ devem ser atribuídos também em uma escala contínua de zero a um, devendo ser a soma dos pesos de todas as subáreas igual à unidade.

Para o cálculo do índice, sugere-se a elaboração de um quadro, como indicado a seguir.

No caso do componente População Indígena, uma vez que a unidade espacial de análise é a própria área de estudo, não há fatores de ponderação.

10 Adaptado de EPE/CNEC/Arcadis Tetraplan. *Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos na Bacia do Rio Tocantins – Relatório P3 – Avaliação Ambiental Distribuída e Conflitos*, março/2007.

Quadro 4.11.2.01 – Índice de Impacto Negativo de Alternativa sobre o Componente-Síntese Modo de Vida.

Aproveitamentos \ Subáreas (Pesos)	I (0.07)	II (0.08)	III (0.18)	IV (0.12)	V (0.25)	VI (0.30)	
A		0.10					
B		0.50	0.65	0.10			
C			0.85		0.35		
F		0.08					
G	0.10						
H	0.10				0.10		
I	0.30		0.10		0.30		
M	0.30					0.40	
N	0.50		0.90				
Q ₂						0.95	
I ^c _{SA} (j)	0.801	0.586	0.990	0.10	0.590	0.970	IAC
I ^c _{SA} (j) P (j)	0.056	0.047	0.179	0.012	0.148	0.291	0.733

■ Composição do índice de impacto negativo da alternativa sobre o sistema socioambiental

O índice de impacto negativo da alternativa sobre o sistema socioambiental (IA) deve expressar o seu impacto negativo total sobre a área de estudo, ou seja, devem considerar os impactos causados pela alternativa sobre todos os componentes-síntese.

Este índice é obtido pela soma ponderada dos índices de impacto negativo da alternativa sobre componente-síntese (IAC), calculados anteriormente.

$$IA = \sum IAC_i \times P_{ci} \tag{4.11.2.04}$$

onde:

P _{ci}	Fator de ponderação relativo a cada componente-síntese
-----------------	--

Visando manter os valores de IA entre zero e um, os pesos P_{ci} devem ser atribuídos também em uma escala contínua de zero a um, devendo a soma dos pesos de todos os componentes ser igual à unidade.

Os fatores de ponderação são utilizados para possibilitar a relativização dos índices de impacto da alternativa sobre componente-síntese no quadro socioambiental da área de estudo. Estes pesos devem representar a importância relativa entre os processos impactantes de cada componente-síntese sobre o sistema socioambiental, que pode ser medida pela repercussão de tais processos sobre os demais componentes.

Para avaliar esta repercussão, devem ser consideradas as análises das interações entre os componentes-síntese relativas à composição do quadro socioambiental da área de estudo realizadas no diagnóstico.

Esta atividade será realizada pela equipe técnica responsável pelos estudos que deverá, entretanto, considerar as visões dos diferentes grupos de interesse identificados na região, apreendidas no decorrer dos estudos.

Devido ao caráter interdisciplinar desta atividade e à grande margem de subjetividade envolvida, torna-se necessário sistematizar os procedimentos para a atribuição dos pesos entre os componentes, utilizando métodos e técnicas adequados. Estes métodos devem possibilitar a representação de avaliações subjetivas em um sistema de pesos, bem como permitir a realização da síntese da opinião de diversos avaliadores.

A função “Calculo do Impacto Negativo” do sistema SINV, permite determinar os índices de impacto socioambiental negativo das alternativas por componente-síntese e o índice de impacto socioambiental negativo da alternativa na bacia.

Método de Análise Hierárquica

A título de sugestão, apresenta-se a seguir uma adaptação do Método de Análise Hierárquica, proposto por Saaty (1980), que permite estabelecer uma estrutura de valores entre os componentes-síntese a partir de sua comparação par a par. A indicação deste método deve-se à sua simplicidade e à disponibilidade de um sistema computacional para a sua aplicação.

Para determinar a importância relativa entre os processos impactantes de cada componente-síntese sobre o sistema socioambiental, torna-se necessário montar uma escala indireta de medida. Esta escala tem por objetivo estabelecer, a partir das avaliações subjetivas dos integrantes da equipe, um sistema de pesos para os componentes-síntese em função da importância relativa dos seus processos impactantes.

A técnica de comparação par a par proposta por Saaty (1980) permite que se estabeleça a importância relativa (ou prioridade) entre os componentes comparados, tendo em vista os processos impactantes sobre o sistema socioambiental. Todos os componentes devem ser comparados com todos os demais.

O estabelecimento dos pesos (ou prioridades) é obtido através da montagem de uma matriz quadrada de ordem igual ao número de componentes que deseja-se comparar, onde os elementos da matriz são valores de uma escala comparativa padronizada que representam a importância atribuída ao componente de cada linha (i) em relação ao componente de cada coluna (j), pelos avaliadores participantes do processo. Saaty (1980) sugere a escala comparativa apresentada a seguir, ressaltando que os valores são magnitudes absolutas e não simples números ordinais.

Quadro 4.11.2.02 – Escala comparativa de importância entre componentes-síntese.

Intensidade de importância do elemento preferencial	Definição	Intensidade de importância do elemento preterido	Definição
1	Igual importância	1	Igual importância
3	Elemento ligeiramente mais importante	1/3	Elemento ligeiramente menos importante
5	Elemento medianamente mais importante	1/5	Elemento medianamente menos importante
7	Elemento fortemente mais importante	1/7	Elemento fortemente menos importante
9	Elemento absolutamente mais importante	1/9	Elemento absolutamente menos importante
2,4,6,8	Valores intermediários	1/2, 1/4, 1/6, 1/8	Valores intermediários

Na comparação par a par, o processo de atribuição de importâncias relativas implica a $(i,j) = 1/a(j,i)$, e a matriz assim definida é recíproca. Em outras palavras, o elemento preferencial recebe uma nota entre 1 e 9 e o elemento preterido recebe o valor recíproco desta nota. Neste caso em particular, a atribuição de importância deve levar em conta a repercussão dos processos impactantes relativos a determinado componente sobre os demais.

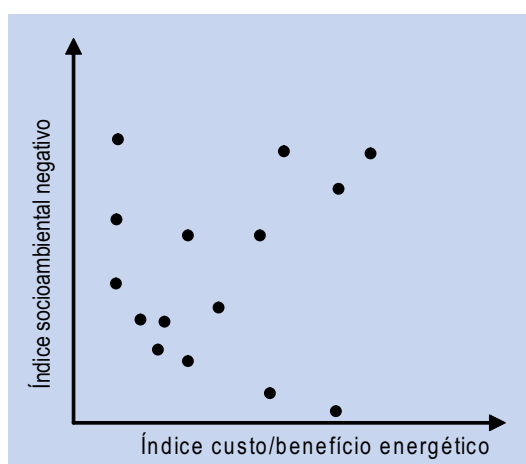
A partir da matriz são efetuados cálculos para obtenção do autovetor de maior valor que, depois de normalizado, corresponde ao “vetor de prioridades”, expressando os pesos relativos entre os componentes comparados. Os componentes associados aos maiores valores são aqueles que apresentam processos impactantes aos quais se atribui maior importância.

A matriz de prioridades deve representar a opinião geral do grupo de avaliadores participante do processo. Observa-se que, para os casos em que não se logre obter o consenso entre as avaliações dos participantes, pode-se construir uma matriz representativa da média dos julgamentos dos avaliadores, onde cada elemento é a média geométrica dos valores atribuídos por cada um para a comparação. Neste caso, cada um dos avaliadores construirá inicialmente sua matriz de julgamento, que alimentará a matriz final representativa da opinião do grupo, de modo a se obter um único “vetor de prioridades”.

Como as atribuições de valor são feitas de modo subjetivo, é interessante que sejam realizados testes de consistência dos julgamentos realizados, para garantir a confiabilidade dos métodos de solução. Se o índice de consistência for menor do que 0,1, pode-se considerar os julgamentos satisfatórios (Saaty, 1980).

4.11.3 Seleção das Alternativas

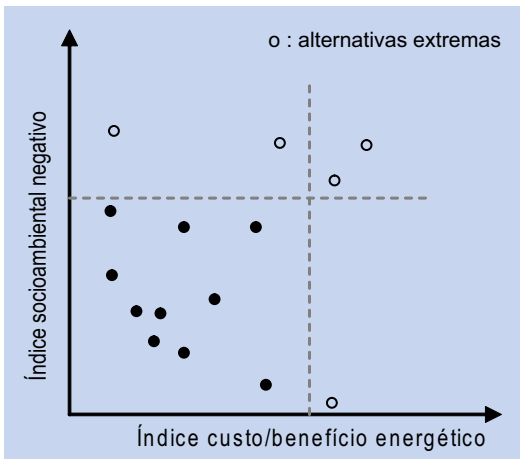
A seleção das alternativas que serão examinadas com maior profundidade na fase dos Estudos Finais deverá ser feita tendo em vista os índices custo-benefício energético (item 4.11.1) e socioambiental negativo (item 4.11.2) obtidos para cada uma delas. As alternativas deverão ser comparadas através de uma representação gráfica, onde um dos eixos indica o índice custo-benefício energético e o outro o índice socioambiental negativo, conforme figura a seguir:



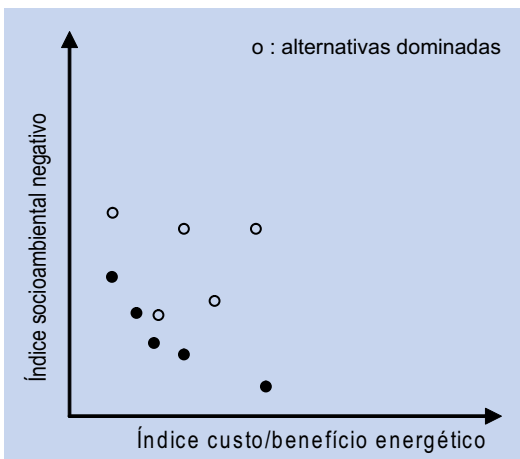
Em geral, deverão ser escolhidas as alternativas representadas por pontos próximos à região inferior esquerda do gráfico, o que corresponde à minimização simultânea dos dois índices. O número de alternativas selecionadas para consideração na fase de Estudos Finais depende muito da morfologia e da extensão da bacia hidrográfica em estudo. E, se a queda natural é significativa e bem distribuída ao longo dos rios, o número de alternativas poderá ser melhor do que no caso de um rio com uma queda pronunciada e concentrada numa pequena extensão. Em geral, em estudos dessa natureza tem-se chegado a um conjunto de menos de dez alternativas básicas ao final da fase de Estudos Preliminares. Parece ser razoável esperar um número entre 5 e 10 alternativas.

Para a escolha das alternativas deverão ser utilizados os conceitos listados a seguir:

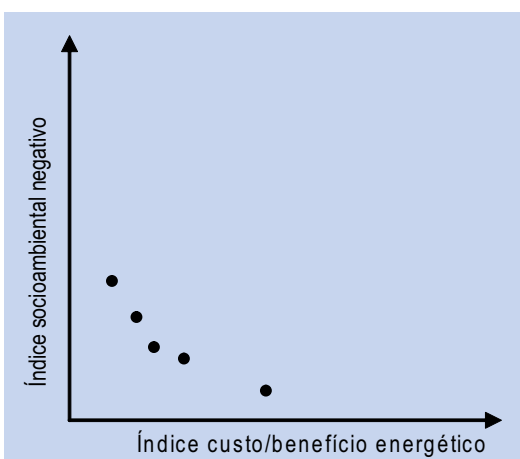
- Regiões Extremas – As alternativas que se situarem em regiões extremas, correspondentes a altos índices custo-benefício energético ou socioambiental ou de ambos, devem ser descartadas.



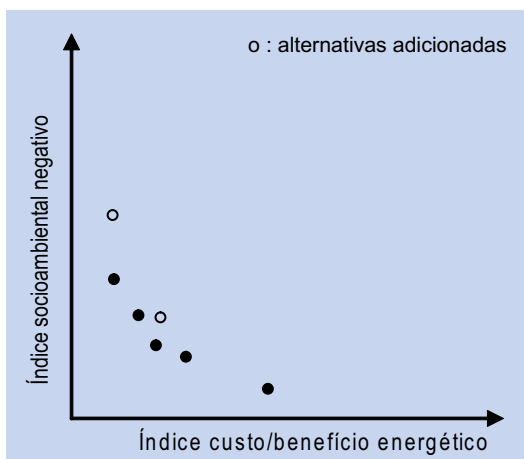
- Alternativas Dominadas – Uma alternativa A é dominada se existe alguma outra alternativa com índices custo-benefício energético e ambiental inferiores. Toda alternativa dominada deve ser descartada.



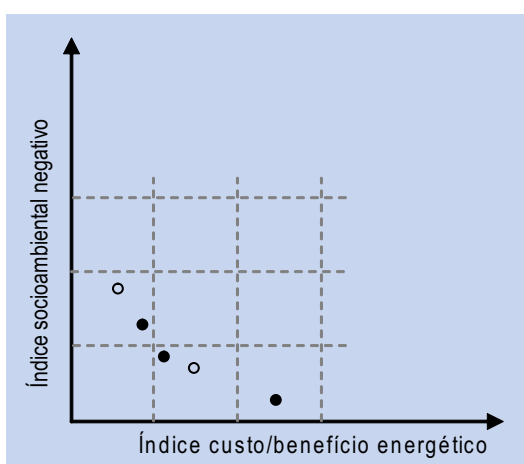
- Alternativas não-Dominadas – Após os descartes das alternativas das regiões extremas e das alternativas dominadas deverá restar ainda certo número de alternativas não-dominadas que, em princípio, devem ser selecionadas para passar aos Estudos Finais.



Caso o conjunto de alternativas não-dominadas seja considerado pouco numeroso, busca-se dentre as alternativas dominadas um novo conjunto de alternativas não-dominadas, procurando-se sempre reformulá-las de forma a melhorar seus índices e acrescentá-las ao conjunto de alternativas selecionadas.



Por outro lado, quando o conjunto de alternativas não-dominadas é muito numeroso o espaço cartesiano pode ser dividido em regiões, selecionando-se, a seguir, as alternativas-representantes para cada região do gráfico.



O sistema SINV, além dos cálculos dos índices custo-benefício energético e de impacto socioambiental negativo das alternativas de divisão de queda, também permite a visualização gráfica das alternativas extremas, dominadas e não-dominadas, facilitando assim, a seleção das alternativas que passarão para os Estudos Finais. Recomenda-se, portanto, a utilização deste sistema, não só para o cálculo dos índices custo-benefício energético e socioambiental negativo, como também para a seleção das alternativas que passarão para os Estudos Finais.

4.12 BIBLIOGRAFIA

- ANEEL. *Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios*. Brasília, 2000.
- BRUK, Stevan. *Methods of computing sedimentation in lakes and reservoirs*. UNESCO, Programme IPH-II, Project A.2.6.1. Paris: UNESCO, 1985.
- CARRERA, A. *Catálogo de los Mamíferos de la América del Sur*. Revista Mus. Argent. Ciencias Naturales. Bernardino Rivadavia, 4 (1): 1-307, Argentina, 1965.
- CARVALHO N. O.; FILIZOLA, N.; LIMA, J. E. F. W.; SANTOS, P. M. *Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios*. Brasília: ANEEL/SIH, 2000.
- CARVALHO, N. O. *Cálculo de assoreamento e da vida útil de um reservatório na fase de estudos de inventário*. IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e V Simpósio luso-Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos. Rio de Janeiro, 1991.
- CEPEL. Sistema de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas – SINV 5.1a – Manual de Metodologia, 2006. In: *Relatório Técnico DP/DEA – 17.805/2006*.
- CEHPAR/LACTEC. Programa SisEvapo v2.0. Relatório Técnico. Curitiba, 63p.
- CPRM e ELETROBRÁS. *Hidrossedimentologia prática*. Rio de Janeiro, 1995.
- DNAEE. *Inventário das estações fluviométricas*. Brasília, 1987.
- DUMNING, J. S. *South America Birds*. Pennsylvania: Harrowood Books, 1987. 351p.
- ELETROBRÁS. *Diagnóstico das condições sedimentológicas dos principais rios brasileiros*. Diretoria de Planejamento e Engenharia. Rio de Janeiro, 1992.
- ELETROBRÁS. *Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas*, 1997.
- ELETROSUL. *Preços de equipamentos eletromecânicos para o manual de Inventário da ELETROBRÁS/1997*. Florianópolis, 1996.
- ELETROSUL. *Preços de obras civis para o Manual de Inventário da ELETROBRÁS/1997*. Florianópolis, 1996.
- EMMONS, L. H. *Neotropical rainforest mammals*. Chicago: University of Chicago Press, 1990. 281p.
- EPE/CNEC/Arcadis Tetraplan. *Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos na Bacia do Rio Tocantins – Relatório P3 – Avaliação Ambiental Distribuída e Conflitos*. Rio de Janeiro, 2007.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS (ICOLD). *Sedimentation control of reservoirs. Guidelines. Committee on Sedimentation of Reservoirs*. Paris, 1989.
- MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE. *Plano Nacional de Recursos Hídricos*, 2006. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/srh/pnrh>.
- ONS. *Evaporações Líquidas nas Usinas Hidrelétricas*. 2004.
- ONS. *Estimativa das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional*. FAHMA-DREER, 2003.
- PCE ENGENHARIAL. *Revisão e ampliação de gráficos e planilhas eletrônicas para o Manual de Inventário de 2007*. Rio de Janeiro, 2007.
- SAATY, T. L. *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation*. New York: McGraw-Hill, 1980.

SHANNON, C. E. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: University of Illinois Press, 1949. 117p.

STRAHLER, A. N. *Dynamic Basis of Geomorphology*, *Geological Society American Bulletin*. USA, 1952.

STRAND, Robert I. *Design of small dams. Sedimentation*. Appendix H. US Bureau of Reclamation. Washington, DC, USA, 1974.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). *Guide to Hydrological Practices*. Geneva: Switzerland, 1994.

YUQIAN, Long. *Operational methods for measurements of sediment transport*. WMO, em Carrera, 1965; Emmons, 1990; Dunning, 1988; Nowak, 1991; Vanzolini, 1980; Peters e Donoso Barros, 1970.

Normas e Resoluções

ANEEL. Nota Técnica nº 002/2004, de 19 de janeiro de 2004 – “Projeto de Revisão das Séries de Vazões Naturais em Bacia Hidrográficas de Interesse do Sistema Interligado Nacional”.

CNRH. Resolução nº 37, de 26 de março de 2004 – “Estabelece diretrizes para a outorga de recursos hídricos para a implantação de barragens em corpos de água de domínio dos Estados, do Distrito Federal ou da União”.

CONAMA. Resolução nº 371, de 5 de abril de 2006 – “Estabelece diretrizes aos órgãos ambientais para o cálculo, cobrança, aplicação, aprovação e controle de gastos de recursos advindos de compensação ambiental”.

IBGE. Norma de Serviço NS-DGC 001/2005, de janeiro de 2006 – “Padronização de Marcos Geodésicos: Instrução Técnica”.

IBGE. Resolução nº 05 de 31 de março de 1993 – “Especificações e Normas Gerais para Levantamentos GPS: Versão Preliminar”.

IBGE. Resolução PR nº 1, de 25 de fevereiro de 2005.

IBGE. Resolução PR nº 22, de 21 de julho de 1983 – “Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos”.

Norma ABNT NBR 13.133, de 30 de junho de 1994 – “Execução de levantamento topográfico”.

Norma ABNT NBR 14.166, de 1 de agosto de 1998 – “Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimento”.

NORMA TÉCNICA DA CARTOGRAFIA NACIONAL. Decreto nº 5.334, de 6 de janeiro de 2005.

Portaria Ministerial 121/MB, de 23 de abril de 2003 – “Instruções para Controle dos Levantamentos Hidrográficos pela Marinha do Brasil”.



capítulo 5
Estudos Finais

CAPÍTULO 5

5.1	CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS E INVESTIGAÇÕES COMPLEMENTARES	191
5.1.1	Cartografia e Topografia	191
5.1.2	Hidrometeorologia	192
5.1.3	Consolidação do Cenário para o Uso Múltiplo da Água na Bacia	193
5.1.4	Geologia e Geotecnia	193
5.1.5	Meio Ambiente	193
5.2	CONSOLIDAÇÃO DO DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL	195
5.3	ESTUDOS ENERGÉTICOS	196
5.3.1	Simulação da Operação	196
5.3.2	Determinação dos Volumes Úteis	197
5.3.3	Efetivo Potencial Instalado	197
5.3.4	Tempo de Reenchimento dos Reservatórios	198
5.4	AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DAS ALTERNATIVAS	199
5.4.1	Avaliação dos Impactos Socioambientais Negativos	199
5.4.2	Avaliação dos Impactos Socioambientais Positivos	203
5.5	CONCEPÇÃO DOS ARRANJOS FINAIS DOS APROVEITAMENTOS	219
5.5.1	Geral	219
5.5.2	Circuito Hidráulico de Geração	220
5.5.3	Desvio do Rio (Conta .12.16)	236
5.5.4	Barragens e Diques	248
5.5.5	Vertedouros (Conta .12.18)	257
5.5.6	Estradas de Rodagem, de Ferro e Pontes (Conta .16)	269
5.5.7	Custos Indiretos (Conta .17)	270
5.5.8	Juros Durante a Construção (Conta .18)	270
5.6	ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS	272
5.7	DIMENSIONAMENTO E ESTIMATIVAS DE CUSTO DOS APROVEITAMENTOS	278
5.7.1	Terrenos, Servidões e Outras Ações Socioambientais	278
5.7.2	Casa de Força	278
5.7.3	Desvio do Rio (conta .12.16)	351
5.7.4	Barragens e Diques (Conta .12.17)	406
5.7.5	Vertedouros	444
5.7.6	Tomada de Água e Adutoras (.12.19)	509
5.7.7	Estradas de Rodagem, de Ferro e Pontes (Conta .16)	583
5.7.8	Custos Indiretos (Conta .17)	583
5.7.9	Juros Durante a Construção (Conta .18)	584
5.8	COMPARAÇÃO E SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS	586
5.8.1	Índice Custo/Benefício Energético	586
5.8.2	Índice de Impacto Socioambiental Negativo	586
5.8.3	Índice de Impactos Socioambientais Positivos (IAp)	588
5.8.4	Definição da Alternativa Escolhida	589
5.9	ORDENAÇÃO DOS APROVEITAMENTOS DA ALTERNATIVA SELECIONADA	591
5.9.1	Custo Incremental	591
5.9.2	Ordem Econômica de Construção	591
5.10	BIBLIOGRAFIA	592

O objetivo básico dos Estudos Finais é o de escolher a alternativa de divisão de queda que apresente o conjunto de obras e instalações correspondente ao desenvolvimento integral do potencial hidroelétrico econômico e ambientalmente aproveitável da bacia. Nesta fase, além da consolidação dos dados e estudos realizados na fase anterior, são realizadas eventuais investigações complementares para os aproveitamentos constantes das alternativas selecionadas. Assim, são aprofundados os estudos energéticos, os arranjos são revisados, bem como o dimensionamento e estimativa de custos daqueles aproveitamentos. São construídos os índices econômico-energéticos, os índices de impacto socioambiental negativo e de impacto socioambiental positivo de cada alternativa, que serão os parâmetros de referência para a comparação e decisão sobre a alternativa selecionada.

As investigações de campo e os estudos a serem realizados na área de engenharia têm como objetivo principal melhorar o nível dos dados e estudos básicos para esta etapa, de modo a:

- Permitir concepção de arranjos finais mais consistentes dos aproveitamentos e eventuais ajustes na elaboração das alternativas estudadas.
- Fornecer informações mais precisas para quantificação e estimativa de custos de cada aproveitamento das alternativas estudadas.
- Possibilitar a obtenção de um índice custo-benefício para cada uma das alternativas, tendo em vista a hierarquização segundo o seu grau de atendimento ao objetivo de **maximização de geração e minimização dos custos**, de modo a subsidiar a seleção final da alternativa.

Os estudos socioambientais a serem realizados têm como objetivo principal:

- Complementar as informações socioambientais consideradas relevantes nos Estudos Preliminares, visando a concepção dos arranjos finais dos aproveitamentos e eventuais ajustes na composição das alternativas.
- Fornecer informações mais precisas para a estimativa dos custos socioambientais associados a cada aproveitamento e a cada uma das alternativas.
- Incluir na avaliação socioambiental a análise dos efeitos cumulativos e sinérgicos decorrentes da implantação do conjunto de aproveitamentos que compõem cada alternativa de divisão de queda.
- Possibilitar a obtenção do índice de impacto socioambiental negativo para cada uma das alternativas, tendo em vista a hierarquização segundo o seu grau de atendimento ao objetivo de minimização dos impactos socioambientais negativos.
- Possibilitar a obtenção do índice de impacto socioambiental positivo para cada uma das alternativas, de modo a subsidiar a decisão final sobre a alternativa a ser selecionada.

Os procedimentos para a realização dos estudos socioambientais durante esta etapa encontram-se distribuídos ao longo deste capítulo, sempre articulados com os procedimentos relativos aos estudos energéticos, de engenharia e de usos múltiplos da água. Os estudos se desenvolvem em três fases: consolidação do diagnóstico ambiental, avaliação dos impactos socioambientais negativos e positivos das alternativas e finalmente construção dos índices de impacto socioambiental negativo e dos índices de impacto socioambiental positivo das alternativas.

Durante a consolidação do diagnóstico, as questões socioambientais consideradas mais relevantes nos Estudos Preliminares serão complementadas, devendo ser destacados os processos sistêmicos. As diretrizes e recomendações para sua realização estão apresentadas nos itens 5.1 e 5.2. Os resultados e análises levarão à revisão dos mapas dos componentes-síntese, que subsidiarão os ajustes finais das alternativas.

Em relação aos impactos socioambientais negativos, os estudos obedecem à mesma estrutura básica dos Estudos Preliminares, embora com algumas diferenciações relativas ao grau de detalhamento e aprofundamento. Nesta etapa, a análise dos impactos se dará ao nível de conjuntos de aproveitamentos

e não mais ao nível de aproveitamentos isolados, tendo em vista incluir na avaliação de impactos a consideração dos efeitos cumulativos e sinérgicos entre os aproveitamentos de uma mesma alternativa. Neste sentido, os estudos relativos à identificação, previsão e avaliação dos impactos negativos e respectiva atribuição de índices de impactos por componente-síntese, serão realizados para conjuntos de aproveitamentos que impactem uma mesma subárea. As informações geradas relativas aos impactos negativos serão levadas em conta na revisão da estimativa dos custos socioambientais e dos arranjos finais dos aproveitamentos.

Nesta fase, tem grande importância a análise dos impactos socioambientais positivos, que será realizada diretamente para os conjuntos de aproveitamentos de cada alternativa. A identificação, previsão e avaliação dos impactos positivos e respectiva atribuição de índices de impactos para cada um dos aspectos socioambientais selecionados estão também descritas no item 5.4.

Os procedimentos relativos à obtenção dos índices de impactos socioambientais negativos e dos índices de impactos socioambientais positivos de cada alternativa encontram-se descritos nos itens 5.8.2 e 5.8.3.

5.1 CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS E INVESTIGAÇÕES COMPLEMENTARES

Os Estudos Finais têm como ponto de partida as alternativas de divisão de queda selecionadas nos Estudos Preliminares. As informações obtidas, para cada alternativa, devem ser complementadas, confirmadas ou ajustadas até serem consideradas suficientes para caracterizar, de modo homogêneo, os custos totais de obras e instalações correspondentes.

Cabe ao analista, em cada caso, determinar a extensão dos dados adicionais necessários, a partir de seu julgamento sobre a influência destes no orçamento final.

5.1.1 Cartografia e Topografia

Os serviços cartográficos executados na fase final dos Estudos também dependem muito das características da bacia, tais como dimensões, desnível, cobertura vegetal, grau de ocupação, e, evidentemente, dos dados anteriormente coletados e os levantamentos executados nos Estudos Preliminares.

Os elementos cartográficos determinados nos Estudos Preliminares deverão, nesta etapa, ser reavaliados. Levantamentos definitivos e/ou complementares deverão ser executados onde for detectada fragilidade.

Em especial, deverão ser estabelecidos definitivamente:

- Os perfis longitudinais dos cursos de água, com indicação dos níveis d'água nos locais pré-selecionados e das cotas das obras de arte existentes.
- Levantamentos dos pontos de fuga.
- Curvas cota x área e cota x volume de cada reservatório.
- Conformação topográfica dos sítios pré-selecionados, incluindo todos os elementos de todas as estruturas do arranjo conforme item 2.5, conforme classe VIPA, da norma ABNT 13.133.
- Seção transversal topobatimétrica no eixo do barramento.
- Seções longitudinais ao longo do circuito de geração, do desvio, do órgão extravasor e das transposições (navegação e fauna aquática migratória).
- Instalação em cada sítio de aproveitamento, de dois marcos topográficos, com seus respectivos marcos de azimute, vinculados planialtimetricamente ao Sistema Geodésico Brasileiro.
- Amarração planialtimétrica das investigações geológico-geotécnicas, hidrométricas e ambientais realizadas.

Especificações Técnicas

Quanto às especificações técnicas dos dados georreferenciados, os desenhos ou imagens que envolverem coordenadas cartográficas serão entregues aos órgãos competentes, seguindo os padrões estabelecidos no item 4.1.1 dos Estudos Preliminares.

Produtos

Segue uma lista dos produtos a serem entregues:

- Relação de marcos geodésicos oficiais (RNs e Vértices), utilizados como base para realização do transporte de coordenadas.

- Monografia dos marcos geodésicos implantados nos sítios dos aproveitamentos identificados na divisão de queda selecionada e utilizados nos serviços de apoio de campo, incluindo fotografias, croquis de acesso, códigos, coordenadas geográficas e UTM correspondentes ao *datum* utilizado e demais informações técnicas pertinentes.
- Memorial descritivo informando: descrição dos serviços, aparelhos utilizados, nível de precisão, programas computacionais utilizados.
- Desenho(s) esquemático(s) do(s) perfil(is) longitudinal(is) dos rios em estudo, indicando seus principais afluentes, em formato A3 e em escala adequada (incluir informações sobre as alternativas de divisão de quedas estudadas, níveis d'água operacionais e de todos os pontos notáveis existentes – ex. terras indígenas, cidades, pontes, áreas de proteção ambiental, captação de água, etc.).
- Planta planialtimétrica dos sítios pré-selecionados obtida por metodologia recomendada no item 4.1.1, em escala adequada e em formato A3.
- Desenhos das seções topobatimétricas transversais ao rio e longitudinais às estruturas (incluindo o canal de fuga) do barramento de todos os sítios identificados na divisão de queda selecionada.
- Arquivo digital das plantas planialtimétricas dos reservatórios.
- Planilha eletrônica utilizada como base para elaboração das Curvas Cota \times Área \times Volume dos aproveitamentos das diversas alternativas.
- Memória técnica dos serviços de amarração planialtimétrica das investigações geológico-geotécnicas, hidrométricas e ambientais realizadas.
- ART's específicas dos serviços realizados (campo e escritório).

5.1.2 Hidrometeorologia

Nos Estudos Finais, os elementos obtidos nos Estudos Preliminares deverão ser revistos em extensão e profundidade. Os estudos básicos que deverão ser empreendidos nesta etapa são:

- Determinação da curva-chave no canal de fuga de cada local selecionado: Deverão ser continuadas as campanhas de campo para medição dos níveis de água e vazões para a determinação das curvas-chave de cada local. se possível e necessário, deverão ser instaladas escalas limnimétricas amarradas ao sistema de referência de nível mencionado no item 4.1.1. No caso de locais onde não for possível a medição direta, as curvas-chave, ou alguns de seus pontos, deverão ser estimadas pelos processos usuais de correlação de níveis e vazões com outros postos conhecidos.
- Séries de vazões naturais médias mensais: Todos os estudos necessários para a determinação das séries de vazões nos locais de barramento devem ser revistos e concluídos a luz de novas informações obtidas em campanhas de campo e em outras fontes.
- Determinação das vazões extremas: Revisão e complementação dos Estudos Preliminares; determinação da série da vazões médias diárias máximas anuais e análise estatística destas vazões; determinação da curva de vazões de enchente \times tempo de recorrência. Podem ser utilizadas outras informações que não as vazões registradas, tais como marcas de cheias e depoimentos de moradores da área para completar ou consistir a série.

5.1.3 Consolidação do Cenário para o Uso Múltiplo da Água na Bacia

Os estudos iniciados na fase preliminar do inventário devem ser revisados, complementados e consi- tidos, com o objetivo de finalizar um cenário de longo prazo para a análise das alternativas de divisão de queda elaboradas e para a seleção da partição final.

5.1.4 Geologia e Geotecnia

Nos Estudos Finais, o enfoque deverá ser específico para os locais selecionados e para as áreas dos re- servatórios que potencialmente apresentem problemas particulares.

Nos locais dos aproveitamentos em consideração dever-se-á procurar complementar as seguintes infor- mações básicas:

- Tipo e características geotécnicas das fundações das estruturas.
- Existência, tipo, características e ordem de grandeza dos volumes de jazidas de solo, areia, cascalho e rocha que possam ser utilizadas como material natural de construção.

Com base nos dados dos Estudos Preliminares e nas idéias de disposição das estruturas do aprovei- tamento, deverão ser executados **levantamentos complementares** para melhor definir as condições das fundações e os materiais naturais de construção e obter parâmetros comparativos/ penalizantes tais como esboço do modelo geológico-estrutural da área estudada, aliada a resultados de ensaios ge- omecânicos conhecidos entre os diferentes tipos de rocha existentes nas fundações. Dentre outros, os seguintes programas poderão ser executados:

- Mapeamento geológico de superfície.
- Poços manuais, trincheiras e furos a trado.
- Sondagens geofísicas.

Normalmente, não é requerida nesta fase a realização de sondagens mecânicas (percussão e rotativas), a não ser que se depare com casos especiais ou terrenos constituídos por geologia complexa. Nestes casos, as investigações, que deverão ser realizadas conforme o porte da obra e complexidade geológica, visam determinar as espessuras do recobrimento de solo sobre o topo rochoso, as características destes mesmos materiais, a profundidade do lençol freático e, de um modo geral, as características das fun- dações para possibilitar a escolha do tipo de estrutura a ser adicionada ao local e a avaliação dos custos dos tratamentos requeridos.

Para compor os estudos socioambientais, deverão ser aprofundados os aspectos geológicos, princi- palmente os recursos minerais que podem sofrer influência dos reservatórios, a partir dos dados do DNPM, além da identificação das áreas com maior suscetibilidade a escorregamentos ao longo das encostas do reservatório, avaliação preliminar de potencial de assoreamento do reservatório e sismici- dade regional.

5.1.5 Meio Ambiente

Esta atividade tem por objetivo obter as informações consideradas necessárias tanto para aprofundar o conhecimento das questões socioambientais identificadas como mais relevantes durante os Estudos Preliminares, quanto para identificar e caracterizar os processos cumulativos e sinérgicos decorrentes da implantação do conjunto de aproveitamentos sobre a área de estudo.

O levantamento de dados e informações relativos a cada componente-síntese e a cada aspecto selecionado para a análise dos impactos socioambientais positivos deverá ser complementar ao realizado nos Estudos Preliminares.

Os levantamentos de campo deverão ser realizados tendo em vista a necessidade de complementar os dados secundários.

5.2 CONSOLIDAÇÃO DO DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL

Os estudos a serem realizados nesta fase têm como objetivo:

- Complementar as informações socioambientais relevantes, visando a concepção dos arranjos finais dos aproveitamentos e eventuais ajustes na composição das alternativas, bem como as análises dos impactos socioambientais positivos.
- Proporcionar uma base referencial adequada para a avaliação dos processos impactantes sistêmicos, negativos e positivos, e dos efeitos cumulativos e sinérgicos decorrentes das interações entre aproveitamentos de uma mesma alternativa.

Neste sentido, os estudos deverão ser conduzidos de modo a possibilitar a consolidação do conhecimento sobre a área de estudo, através do aprofundamento das questões identificadas como mais relevantes no decorrer dos Estudos Preliminares, considerando os resultados da reunião técnica realizada para apresentação dos resultados desses Estudos, conforme descrito no item 2.9. Como nesta etapa a análise será realizada para conjuntos de aproveitamentos, ou mesmo para a alternativa como um todo, será dada ênfase à análise das questões sistêmicas e das condições que propiciam a existência de efeitos cumulativos e sinérgicos entre os processos impactantes dos aproveitamentos de uma mesma alternativa de divisão de queda.

A representação espacial das informações relativas a cada componente-síntese e a cada aspecto selecionado para a análise dos impactos socioambientais positivos deverá ser revista em função do conhecimento adquirido na etapa dos Estudos Preliminares e do aprofundamento do conhecimento sobre a área de estudo.

Para a análise dos impactos socioambientais negativos a compartimentação da área de estudo em subáreas para cada componente-síntese deverá também ser reavaliada, de modo a proporcionar a base referencial adequada à análise dos processos impactantes relativos às alternativas ou a conjuntos de aproveitamentos de uma alternativa. Os pesos relativos de cada subárea devem ser revistos considerando também os resultados da reunião técnica mencionada anteriormente.

O mapa elaborado para cada componente-síntese deverá ser acompanhado de uma descrição que resalte os aspectos que contribuíram para a definição de cada subárea delimitada, situando-a no contexto da área de estudo como um todo e estabelecendo sua relação com as demais subáreas. Além disso, a descrição deverá destacar os aspectos notáveis, apontar áreas de sensibilidade, as potencialidades da região, e os conflitos existentes ou potenciais, que poderão influenciar na avaliação dos impactos negativos e positivos das alternativas. Deverão ser destacados os aspectos que potencializam a existência de interações cumulativas e sinérgicas negativas e positivas entre os aproveitamentos localizados em uma mesma subárea. Em algumas situações pode ser interessante a elaboração de mapas específicos que destaquem os aspectos que serão analisados na avaliação dos impactos positivos descritos no item 5.4.2.

Ao final do diagnóstico, deverá ser realizada a consolidação das análises relativas a todos os componentes-síntese e aos aspectos socioambientais selecionados para a análise dos impactos socioambientais positivos. Adotando-se uma dinâmica interdisciplinar, deverão ser identificadas e compreendidas as interações entre os processos relativos aos componentes, de modo a compor o quadro socioambiental da área de estudo, devendo essas interações ser representadas espacialmente num único mapa-síntese.

5.3 ESTUDOS ENERGÉTICOS

5.3.1 Simulação da Operação

Nos Estudos Preliminares o potencial energético de cada alternativa de divisão de queda é estimado com procedimentos simples, justificáveis em razão de um nível de informações bastante preliminar sobre a hidrologia e a topografia da bacia.

Estes procedimentos supõem o aproveitamento energético de toda a produção hídrica natural da bacia durante o período crítico do sistema de referência, acrescida dos volumes úteis dos reservatórios, descontando-se apenas, além das perdas por evaporação, as retiradas de água para outros usos e os volumes alocados para controle de cheias ao início do período crítico, quando estes influenciarem significativamente a análise e seleção das alternativas de divisão de queda e o dimensionamento dos aproveitamentos. Entretanto, na operação real do sistema, as limitações dos conjuntos turbina-gerador e das capacidades de armazenamento dos projetos implicarão vertimentos não aproveitáveis energeticamente. Desta forma, o valor da energia firme, como calculado nos Estudos Preliminares, representa simplesmente um índice que mede o mérito relativo da contribuição energética das diversas alternativas analisadas.

Na fase de Estudos Finais, onde o número de alternativas analisadas é reduzido e estão disponíveis informações hidrológicas e topográficas mais apuradas, a contribuição energética de cada alternativa deverá ser estimada com maior confiabilidade. Isto pressupõe a utilização de modelos matemáticos do sistema de usinas e reservatórios e a determinação da energia firme pela utilização de processos de simulação da operação. Todo o conjunto de unidades geradoras do sistema de referência (item 2.1.1.) deverá estar representado no modelo, sendo imprescindível a inclusão na simulação de todas as usinas do sistema de referência utilizado que sejam hidráulicamente conectadas ao trecho inventariado.

Recomenda-se que, nesses modelos, sejam consideradas as perdas de carga no circuito hidráulico de geração dos aproveitamentos inventariados, tendo como base os valores determinados no dimensionamento das estruturas (item 5.7.6). Além disto, as retiradas de água para usos múltiplos calculadas na construção do cenário (item 4.2.2) e consolidadas no item 5.1.3, deverão ser descontadas das vazões naturais afluentes aos aproveitamentos. Os volumes de espera para controle de cheias deverão ser descontados do volume útil dos aproveitamentos. Outras restrições, tais como, defluências mínimas e NA_{\min} relativos aos usos múltiplos da água na bacia constantes dos cenários de usos múltiplos também deverão ser considerados na simulação.

Energia Firme – Inicialmente, é utilizada uma estimativa de energia firme do sistema simulado, calculada de forma aproximada conforme, por exemplo, os procedimentos dos Estudos Preliminares, como um mercado-objetivo constante ao longo de todo o período crítico do sistema de referência. A rotina de simulação opera o sistema segundo regras pré-fixadas tentando atender a esse mercado. A energia gerada a cada mês é acumulada, podendo ocorrer déficits ou excessos em relação ao mercado objetivo (no caso de haver vertimentos, o sistema pode gerar em excesso). A energia média gerada ao longo da simulação é considerada como a energia firme do sistema simulado se a energia armazenada residual (EAR) ao fim da simulação for desprezível. Pode ocorrer, entretanto, que ainda exista uma energia armazenada residual significativa. É necessário então tentar aproveitar esta energia armazenada residual, o que pode ser feito através de um aumento do mercado-objetivo.

Dá-se então um acréscimo ao mercado-objetivo de valor igual a EAR/n° meses do período crítico e inicia-se uma nova simulação. Este acréscimo pode não ser suficiente para eliminar o armazenamento residual (casos onde ocorrerem vertimento ou esgotamento total dos reservatórios em algum mês do período crítico). Além disto, pode ser que a energia média gerada, ao invés de aumentar, diminua, pois,

a partir de um certo ponto, a perda de geração por deplecionamento excessivo dos reservatórios anula o aproveitamento da EAR.

Por estes motivos, adota-se um processo iterativo onde a cada iteração calcula-se a energia média gerada, a EAR e o acréscimo a ser dado no mercado objetivo. O processo pára quando a EAR é desprezível ou a energia média gerada diminui. A maior energia média gerada obtida nas iterações é considerada como a energia firme do sistema simulado.

Além da energia firme do sistema como um todo, obtém-se como resultado da simulação para cada aproveitamento as energias firme e vertida e a queda líquida média (média das quedas líquidas de início de mês).

Ganho de Energia Firme – A contribuição de energia firme (ganho de energia firme) de um aproveitamento, ou de um conjunto de aproveitamentos, deverá ser obtida pela diferença entre as energias médias geradas obtidas em simulações do sistema com e sem os aproveitamentos. Da mesma forma, o ganho de energia firme de uma alternativa deverá ser obtido pela diferença entre as energias médias geradas obtidas em simulações do sistema com e sem todas as usinas da alternativa.

A determinação da energia firme dos aproveitamentos que compõem as alternativas de divisão de queda, assim como a energia firme das próprias alternativas, podem ser obtidas pela função “Energia Firme” do sistema SINV. Para que estes valores sejam obtidos através de simulação da operação deve-se selecionar a opção “com simulação”. Ao final da execução desta função, além da energia firme da alternativa e dos aproveitamentos que a compõem, é determinada a potência instalada de cada aproveitamento.

5.3.2 Determinação dos Volumes Úteis

Os volumes úteis dos reservatórios deverão ser estabelecidos otimizando os deplecionamentos para a maximização da energia firme de uma alternativa tomada como base de dimensionamento energético. Para definição dos volumes úteis dos aproveitamentos nos Estudos Finais deve-se adotar o mesmo processo iterativo descrito no item 4.6.4. Entretanto, nos Estudos Finais a energia firme da alternativa em cada iteração deve ser obtida através da simulação da operação do sistema, como descrito no item 5.3.1.

Para determinação dos volumes úteis dos aproveitamentos de uma alternativa de divisão de queda, pode-se utilizar a função “*Otimização do Volume Útil*” do sistema SINV, nos Estudos Finais deve-se optar para a execução desta função “com simulação”. Pode-se também utilizar a função “*Dimensionamento Energético*”, opção “com simulação”, que além dos volumes úteis determina a potência instalada e a queda de referência de forma iterativa. As duas funções seguem os procedimentos descritos nos itens 4.6.4 e 5.3.1.

Caso os estudos de sedimentologia indiquem que a questão do assoreamento é significativa, deverão ser descontados os volumes úteis assim determinados, pela diminuição do provável volume médio de sedimentos que, ao longo da vida útil do aproveitamento, ocupe uma parte do seu reservatório.

5.3.3 Efetivo Potencial Instalado

A potência instalada de cada aproveitamento deverá ser recalculada nos Estudos Finais a partir dos valores de energia firme e queda líquida média, obtidos na simulação. Para este cálculo, utiliza-se das mesmas fórmulas usadas nos Estudos Preliminares (item 4.6.5.). Como os valores de energia gerada obtidos nos modelos de simulação dependem das potências instaladas nos diversos aproveitamentos

do sistema, o dimensionamento deverá ser feito através de um processo iterativo. Neste processo a cada iteração os aproveitamentos são redimensionados a partir dos seus valores de energia firme e queda líquida média, obtidos na simulação da iteração anterior. Para tal, recomenda-se a utilização da função “*Dimensionamento Energético*”, do sistema SINV, opção “com simulação”, que além dos volumes úteis determina a potência instalada e a queda de referência de forma iterativa.

5.3.4 Tempo de Reenchimento dos Reservatórios

Assim como nos Estudos Preliminares, após a obtenção dos volumes úteis e da potência instalada, é importante verificar se os tempos necessários para reenchimento dos reservatórios são superiores a 36 meses contados a partir do fim do período crítico, através da simulação da operação nos três anos posteriores ao período crítico do Sistema de Referência. Caso em algum aproveitamento o tempo de reenchimento supere este limite, deverá ser reduzido o seu volume útil e a simulação da operação deverá ser refeita. Este processo iterativo pode ser feito, automaticamente, através da função “*Verificação da capacidade de reenchimento*”, opção “com simulação” do sistema SINV.

5.4 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DAS ALTERNATIVAS

5.4.1 Avaliação dos Impactos Socioambientais Negativos

Os estudos a serem realizados envolvem a análise das alternativas de divisão de queda quanto aos seus impactos socioambientais negativos sobre cada componente-síntese, consistindo na revisão dos processos impactantes relativos aos aproveitamentos isolados, identificação e avaliação dos processos impactantes causados por conjuntos de aproveitamentos.

Estes estudos têm como objetivo:

- Fornecer informações para eventuais ajustes na concepção dos arranjos finais dos aproveitamentos e composição das alternativas, tendo em vista melhorar seu desempenho em relação ao objetivo de minimizar os impactos socioambientais negativos.
- Fornecer informações para a estimativa mais precisa dos custos socioambientais dos aproveitamentos.
- Considerar na análise os processos impactantes sistêmicos a nível das subáreas, e aqueles decorrentes de interações cumulativas e sinérgicas entre os aproveitamentos de uma mesma alternativa.
- Valorar os índices de impactos socioambientais negativos das alternativas relativos às subáreas, por cada componente-síntese. Estes índices serão empregados no cálculo dos índices de impactos socioambientais negativos das alternativas de divisão de queda, conforme os procedimentos definidos no item 5.8.2.

A análise deverá obedecer à conceituação dos componentes-síntese definida para os Estudos Preliminares (item 4.3) incorporando-se as questões cujo aprofundamento mostrou-se relevante conforme descrito no item 5.2.

Da mesma forma, os **indicadores de impacto** e respectivos **elementos de avaliação** definidos para cada componente-síntese nos Estudos Preliminares (item 4.8) aplicam-se para a análise nos Estudos Finais. Como a análise dos impactos negativos se dará para conjuntos de aproveitamentos ou mesmo para a alternativa como um todo, será necessário proceder ao ajuste na sistematização das informações relativas aos elementos de avaliação, de modo a transpor a escala de análise do nível de aproveitamentos isolados para o nível de conjuntos de aproveitamentos que compõem as alternativas selecionadas, de acordo com as especificidades dos processos sinérgicos identificados.

Revisão da Identificação dos Processos Impactantes Relativos aos Aproveitamentos Isolados

Esta revisão deverá ser realizada nos casos em que houver aporte significativo de informações mais detalhadas, na fase de Consolidação do Diagnóstico, sobre a realidade socioambiental e/ou ajuste nos limites espaciais das subáreas, bem como naqueles estudos em que for considerado o cenário de usos múltiplos da água.

A revisão terá como finalidade fornecer subsídios para a concepção dos arranjos finais dos aproveitamentos, podendo gerar novas restrições ambientais ou atenuar restrições anteriormente apontadas. Deverá também fornecer informações mais precisas para a estimativa de custos socioambientais. Além disso, deverá ser conduzida de modo a sistematizar as informações acerca dos processos impactantes, de acordo com os referenciais apropriados para a análise integrada de conjuntos de aproveitamentos.

Deve-se ressaltar que, mesmo considerando que nos Estudos Finais serão obtidos índices de impactos socioambientais negativos relativos a conjuntos de aproveitamentos, há necessidade de se proceder à

revisão dos índices de impacto socioambiental negativo atribuídos aos aproveitamentos isolados. Tal procedimento é importante para que se tenha um registro de informações para futuras comparações entre aproveitamentos.

Identificação dos Processos Impactantes Causados por Conjuntos de Aproveitamentos

Dever-se-á tomar como referência as subáreas definidas nos mapas de cada componente-síntese e suas respectivas áreas de sensibilidade, uma vez que aproveitamentos que afetam uma mesma subárea possivelmente acarretarão processos impactantes com perfis semelhantes e que tenderão a interagir sinergicamente. Pretende-se assim que os processos cumulativos e sinérgicos sejam levados em conta para a avaliação das alternativas nos Estudos Finais, considerando-se as repercussões da combinação dos aproveitamentos em diferentes arranjos espaciais.

Para cada alternativa em análise, sugerem-se os procedimentos listados a seguir:

- a) Identificação dos aproveitamentos que impactam cada subárea, de modo a conhecer os conjuntos de aproveitamentos de forma integrada, para cada componente-síntese.
- b) Caracterização dos principais processos impactantes emergentes da interação entre os conjuntos de aproveitamentos identificados e a área de estudo para cada componente-síntese, destacando aqueles de caráter permanente e de maior abrangência, que serão aqueles mais sujeitos à cumulatividade. Deverão ser também identificados os processos impactantes que ultrapassam os limites de cada subárea. Como subsídio, torna-se útil a superposição dos mapas relativos à representação espacial dos componentes-síntese revisados na Consolidação do Diagnóstico contendo a indicação das áreas de sensibilidade, com os mapeamentos e arranjos das alternativas selecionadas para os Estudos Finais.

Deverão ser levados em conta: os processos impactantes relativos a cada aproveitamento especificamente; a interação entre esses processos; e os novos processos resultantes da ação conjunta dos aproveitamentos sobre a subárea em questão, bem como sua repercussão sobre as demais subáreas.

Recomenda-se a utilização de matrizes e de redes de interação para auxiliar na identificação da interatividade, sinergia e cumulatividade entre os processos.¹

A título de exemplo, estão indicados no quadro 5.4.1.01 alguns processos impactantes negativos que se configuram como passíveis de cumulatividade, destacando-se que a relevância de tais processos para cada estudo resultará das características e interações observadas na região estudada.

Quadro 5.4.1.01 – Exemplos de processos impactantes negativos cumulativos e sinérgicos.

Componente-síntese	Impacto
Ecosistemas Aquáticos	<ul style="list-style-type: none"> – Alteração do regime hídrico. – Alteração no transporte de sedimentos. – Alteração da qualidade da água. – Interrupção de rotas migratórias. – Interferência em ambientes mantenedores da biodiversidade.
Ecosistemas Terrestres	<ul style="list-style-type: none"> – Perda, fragmentação ou isolamento de <i>habitats</i>. – Interferência ou pressão em áreas protegidas (UCs, TIs e APs). – Perda de cobertura vegetal. – Pressão sobre espécies ameaçadas de extinção.

¹ Estudos recentes, elaborados pelo setor elétrico, têm enfatizado a questão da cumulatividade e sinergia, destacando-se aqueles conduzidos pela EPE para a Avaliação Ambiental Integrada de bacias hidrográficas – AAI – para as bacias dos rios Uruguai, Parnaíba, Paranaíba, Doce e Paraíba do Sul.

Componente-síntese	Impacto
Modos de Vida	<ul style="list-style-type: none"> – Pressão sobre condições de vida decorrente da atração de contingente populacional. – População afetada (urbana e rural). – Perda de atividades de subsistência dependentes do rio. – Alteração do quadro epidemiológico. – Perda de patrimônio arqueológico, histórico e cultural. – Potencialização de conflitos.
Organização Territorial	<ul style="list-style-type: none"> – Interferência nos padrões de assentamento da população. – Interferência nos fluxos de circulação da população e de bens e serviços. – Perda de território de municípios.
Base Econômica	<ul style="list-style-type: none"> – Perda de áreas produtivas. – Perda de recursos (mineração, pesqueiro, potencial turístico, potencial agrícola etc.).
Populações Indígenas/ Tradicionais	<ul style="list-style-type: none"> – Pressão sobre as relações socioculturais. – Pressão sobre as condições etno-ecológicas.

Fonte: EPE, 2007 (AAI Tocantins, AAI Doce), CEPEL, 2002.

- c) Seleção dos **elementos de avaliação** capazes de caracterizar os processos impactantes identificados sobre cada componente-síntese, conferindo ao indicador de impacto capacidade de diferenciação entre as alternativas a serem comparadas.
- d) Realização de atividades interdisciplinares, de modo a promover a integração das análises realizadas para os diversos componentes-síntese. Devem ser utilizados métodos como matrizes, redes, superposição de mapas, para subsidiar essa integração. Dessa forma, torna-se possível incorporar as inter-relações dos processos impactantes de diferentes componentes, através de seus elementos de avaliação. Torna também possível verificar em qual componente se registra a maior repercussão referente a cada processo e identificar quais os elementos de avaliação são mais adequados para representar essas inter-relações.
- e) Revisão da caracterização dos processos impactantes relativos aos conjuntos de aproveitamentos por componente-síntese, em função da integração das análises. Como produto, dever-se-á gerar uma descrição geral dos processos impactantes considerados e dos elementos de avaliação adotados.
- f) Deverão ser apontados os processos para os quais é possível prever ações de controle, de mitigação e de compensação, de modo a subsidiar a revisão da estimativa dos custos socioambientais, que serão incorporados aos custos de implantação (itens 5.6 e 5.7). Deverão ser indicados, também, eventuais ajustes nos aproveitamentos ou arranjos de alternativas para melhorar o desempenho socioambiental.

Nos casos em que, devido à natureza dos processos impactantes, a comparação das alternativas puder ser realizada tendo como referência a área de estudo como um todo, sem a necessidade da sistematização em subáreas, permanecem válidos os procedimentos aqui sugeridos, aplicados diretamente para a alternativa, em vez de agruparem-se conjuntos de aproveitamentos para análise.

Avaliação dos Impactos Socioambientais Negativos Cumulativos e Sinérgicos

Deverá ser procedida a estimativa da intensidade do impacto dos conjuntos de aproveitamentos sobre as subáreas definidas para cada componente-síntese, com base nos indicadores de impacto e seus elementos de avaliação. Conforme já observado, os impactos a serem avaliados são aqueles para os quais não é possível haver controle, ou impactos residuais quando da existência de controle, compensação ou mitigação. Os procedimentos sugeridos são apresentados a seguir:

- a) Análise dos elementos de avaliação para cada conjunto de aproveitamentos que impactam uma determinada subárea. Essa análise deverá ser feita para cada componente-síntese, considerando as inter-relações identificadas entre os componentes.
- b) Atribuição de um índice de impacto socioambiental negativo sobre componente-síntese, por subárea afetada (I_{SAi}), relativo ao conjunto de aproveitamentos que a impactam, conforme exemplificado na tabela a seguir. Essa atividade é orientada pelos **indicadores de impacto** e baseada nos **elementos de**

avaliação selecionados em função das especificidades dos processos impactantes, devendo ser definidos e explicitados os critérios para atribuição de graus. Os graus de impacto deverão ser atribuídos ao conjunto de aproveitamentos na subárea de modo a incorporar, quando pertinente, a cumulatividade existente entre os efeitos destes aproveitamentos.

Por exemplo, para o caso do componente-síntese Ecossistemas Terrestres, se quatro aproveitamentos causam interferência na subárea II, conforme mostrado na tabela 5.4.1.02, ocasionando perda na cobertura vegetal existente, este elemento de avaliação deverá computar o resultado da relação entre a superfície florestada afetada pelos quatro aproveitamentos e a superfície florestada total existente na subárea. Tal procedimento deve ser adotado para todos os elementos de avaliação selecionados para representar impactos cumulativos. Ou seja, para melhor retratar a cumulatividade, a atribuição de graus não deve partir dos índices de impacto de cada aproveitamento agregados para cada subárea obtidos nos Estudos Preliminares, mas sim partir dos elementos de avaliação de cada processo impactante relativo aos aproveitamentos que afetam cada subárea. Destaca-se que para a avaliação dos impactos positivos, descrita a seguir, foi adotado este procedimento.

Como muitas vezes utiliza-se mais de um indicador, composto por vários elementos de avaliação, existe a necessidade de agregação dos índices relativos a cada indicador por subárea para a avaliação do impacto sobre cada componente-síntese. A hierarquização dos indicadores, segundo a sua importância para a subárea e a atribuição de pesos relativos, torna possível esta agregação.

Os índices de impacto socioambiental negativo deverão ser atribuídos em uma escala contínua variando de zero a um. O zero da escala indica ausência de impacto, enquanto o valor um representa o comprometimento pleno dos processos inerentes ao componente-síntese analisado. Conseqüentemente, os valores intermediários deverão representar o grau de comprometimento dos processos ambientais pré-existent, em função dos critérios de avaliação definidos para cada componente-síntese.

Tabela 5.4.1.02 – Índice de impacto cumulativo e sinérgico por subárea para o componente-síntese Ecossistemas Terrestres.

Aproveitamentos	Subáreas					
	I	II	III	IV	V	VI
A		x				
B		x	x	x		
C			x		x	
F		x				
G	x					
H	x				x	
I	x	x	x	x	x	
M	x					x
N	x		x			
Q ₂						x
I _{SAi}	0.65	0.55	0.95	0.20	0.40	1.00

Como já mencionado, a equipe que realiza o estudo deverá buscar o consenso quanto ao significado desses valores intermediários, de modo que os resultados das avaliações dos diversos componentes-síntese sejam comparáveis entre si. Para tanto, recomenda-se a realização de atividades interdisciplinares que possibilitem padronização de critérios de avaliação dos indicadores, considerando as situações da bacia estudada. Ressalta-se mais uma vez que o valor máximo da escala de avaliação (um) não deve ser estabelecido por comparação, isto é, não equivale ao maior valor dentre os aproveitamentos da bacia, mas sim a uma situação virtual de total comprometimento, que pode ou não ocorrer.

Observa-se que a valoração dos índices dos conjuntos de aproveitamentos por subárea é condição necessária para possibilitar a posterior composição dos índices de alternativas, conforme os procedimentos definidos no item 5.8.2. Entretanto, nos casos em que for pertinente, pode-se proceder à valoração

diretamente para a alternativa, desde que não haja prejuízo da comparabilidade entre os julgamentos, nem da seletividade dos indicadores.

- c) Discussão interdisciplinar das avaliações efetuadas, de modo a interagir os resultados, identificar inconsistências e minimizar a subjetividade entre os julgamentos realizados para os diferentes componentes-síntese. Com base nessas discussões, poderão ser revisados os índices de impacto atribuídos para cada conjunto de aproveitamentos.

Enfatiza-se que a relativa subjetividade inerente a essas avaliações apenas pode ser reduzida através da padronização de critérios de avaliação, elementos de avaliação e demais procedimentos adotados pela metodologia. Assim, a repetida aplicação da metodologia e a ampliação de bancos de dados do Setor Elétrico com resultados de monitoramento são fatores indispensáveis para um futuro esforço de parametrização dos elementos de avaliação, e conseqüente aperfeiçoamento da valoração dos índices socioambientais.

5.4.2 Avaliação dos Impactos Socioambientais Positivos

Os estudos a serem realizados envolvem a análise dos aspectos socioeconômicos, para os quais deverão ser avaliadas as alterações favoráveis que serão traduzidas em um índice de impacto socioambiental positivo a ser utilizado na seleção final da alternativa de divisão de queda. Deverão ser considerados os impactos positivos socioeconômicos, locais e regionais, relativos aos seguintes aspectos:

- Mercado de trabalho local.
- Arrecadação municipal.
- Infra-estrutura rodoviária.
- Uso racional dos recursos hídricos.

Estes aspectos destacados para a análise dos impactos positivos são aqueles relacionados com maior frequência nos estudos socioambientais de empreendimentos hidroelétricos e quanto aos quais existe menor incerteza sobre as alterações favoráveis que trazem para o desenvolvimento local e regional.

Entretanto, deve ser observado que, no decorrer das análises, podem se destacar outros aspectos sobre os quais a implantação dos aproveitamentos hidroelétricos possa aportar contribuições favoráveis para o desenvolvimento da socioeconomia local e regional, devendo ser, então, incorporados a essa avaliação.

Observa-se que a compensação ambiental (Lei nº 9.985/2000) não deve ser considerada como impacto positivo.

Os elementos de caracterização e de avaliação necessários para a análise dos impactos positivos já se encontram presentes em determinados componentes-síntese utilizados para as análises dos impactos negativos. Entretanto, assumem funções diferentes para subsidiar a análise dos processos que contribuem de modo positivo para o desenvolvimento da região em foco.

As informações relativas a esses aspectos devem ter seu levantamento iniciado desde a etapa do Diagnóstico, nos Estudos Preliminares (item 4.3) e complementadas quando necessário na etapa da consolidação do Diagnóstico dos Estudos Finais (item 5.2).

As análises dos impactos positivos serão realizadas para o conjunto de aproveitamentos que compõem cada alternativa, incluindo as etapas de:

- Identificação dos principais impactos positivos a serem considerados nas análises e dos elementos de avaliação para cada aproveitamento e para o conjunto de aproveitamentos que compõem a alternativa. Essa análise deverá ser feita para cada elemento do sistema ambiental selecionado.
- Avaliação dos elementos de avaliação por subárea, considerando os indicadores de impacto selecionados.
- Atribuição de um índice de impacto socioambiental positivo para a alternativa relativo a cada elemento do sistema ambiental selecionado.

Os índices devem ser atribuídos em uma escala de **zero a um**, onde zero representa a ausência de impacto positivo, enquanto o valor um representa um impacto positivo extremamente significativo para a região.

Como as avaliações dos impactos positivos estão referenciadas a determinados elementos utilizados para a caracterização e avaliação dos componentes-síntese utilizados para a análise dos impactos negativos, as subáreas consideradas para os componentes-síntese Modos de Vida, Organização Territorial e Base Econômica podem servir de base para essas avaliações. Entretanto, recomenda-se que seja feita uma análise criteriosa das sub-unidades de análise mais adequadas para tais avaliações. Os pesos relativos entre as subáreas dos componentes-síntese a serem tomados como referência devem necessariamente ser revistos.

Os conteúdos, os indicadores de impacto e os elementos de avaliação estão apresentados no Quadro 5.4.2.01 e descritos nos itens a seguir.

Quadro 5.4.2.01 – Indicador de impacto e elementos de avaliação para análise dos impactos positivos.

Elemento do Sistema Ambiental	Indicador de impacto	Elementos de Avaliação
Dinamização do mercado de trabalho local	– Relação entre o número de empregos gerados e a PEA	– População economicamente ativa (PEA). – Nº de empregos diretos gerados. – Municípios beneficiados diretamente pelos empreendimentos.
Aumento da arrecadação municipal	– Aumento percentual da receita dos municípios	– Estimativa da energia gerada por aproveitamento. – Estimativa dos recursos provenientes da compensação financeira. – Estimativa da área alagada por município. – Estimativa da distribuição dos recursos por município. – Receita orçamentária de cada município. – Levantamento dos custos dos serviços durante as obras dos aproveitamentos. – Estimativa de ISS arrecadado por município.
Melhoria da infraestrutura rodoviária	– Extensão das estradas de rodagem a serem construídas para implantação do aproveitamento	– Extensão em quilômetros das estradas de rodagem existentes na área da bacia. – Extensão em quilômetros das estradas de rodagem considerada para o cálculo dos custos dos aproveitamentos. – Particularidades das estradas a serem construídas (se a ligação possibilita a conexão entre sedes municipais, a centros de grande influência regional e entre duas ou mais estradas importantes para a circulação regional; estimativa da população beneficiada com o novo acesso).
Oportunidade de viabilização do uso racional dos recursos hídricos	– Percentual da contribuição dos aproveitamentos aos usos planejados para a bacia	– Usos existentes e potenciais dos recursos hídricos. – Usos dos recursos hídricos previstos no Plano de Recursos Hídricos ou nos planos setoriais/ regionais.

Mercado de Trabalho Local

A dinamização do mercado de trabalho local se dá em função das atividades econômicas desenvolvidas devido à implantação de um aproveitamento hidrelétrico e o que isso acarreta em termos de geração de empregos diretos e indiretos, além da intensificação das atividades nos setores de comércio e serviços. Trata-se de um impacto temporário, mas que pode ser de grande intensidade. Além disso, os efeitos para a atividade econômica local podem ser mais ou menos internalizados, dependendo de variados fatores, entre os quais destaca-se a mobilização dos diferentes atores (estado, particulares, empreendedor, comunidade).

É importante não confundir este impacto, que tem caráter positivo, com impactos que podem estar relacionados a ele, de caráter negativo, como o aumento da demanda por serviços públicos em função do fluxo de população, crescimento desordenado de núcleos populacionais, durante a mobilização da mão-de-obra, e a desaceleração e mesmo encolhimento das economias locais, com permanência de uma população desocupada, na desmobilização da mão-de-obra. Impactos como estes devem ser considerados quando da avaliação dos impactos negativos.

Para uma apreciação qualitativa da dinamização do mercado de trabalho, uma simplificação aceitável é considerá-la como diretamente proporcional ao número de empregos diretos gerados. Considerando que a PEA (População Economicamente Ativa) é uma das medidas mais importantes para caracterização do mercado de trabalho local, esta variável foi selecionada para servir de termo de comparação com o número de empregos diretos gerados no município, informação obtida no Censo Demográfico (IBGE). Assim, foi selecionada a **relação entre o número de empregos diretos gerados e a PEA** (População Economicamente Ativa) como o indicador de potencial de dinamização do mercado de trabalho local.

Outras variáveis e indicadores podem ser utilizados para enriquecer a caracterização do mercado de trabalho local, como a PEA urbana, rural, taxa de ocupação/desocupação, entre outros.

Além disso, deve ser considerada a distribuição dos modos de vida na bacia hidrográfica para ponderar o impacto positivo em áreas onde as atividades predominantes não se incluem plenamente no rol das relações de trabalho capitalistas e modernas.

Para aplicar a metodologia descrita a seguir deve-se dispor das seguintes informações:

- 1) Distribuição dos municípios da bacia por subárea.
- 2) Identificação dos municípios beneficiados diretamente pelos empreendimentos por subáreas.
- 3) Número de empregos diretos gerados no pico das obras, por empreendimento e sua distribuição por subáreas.
- 4) PEA dos municípios da bacia e o total por subárea.

Neste contexto, considera-se como “municípios beneficiados diretamente pelos empreendimentos”, aqueles onde se localizarão os núcleos de apoio na etapa de construção dos empreendimentos.

Para a avaliação, sugere-se que seja utilizada a mesma divisão em subáreas adotada para o componente-síntese Base Econômica, alterando os pesos das subáreas, em função dos objetivos diferenciados em análise. As informações relativas aos municípios onde haverá maior concentração de obras, consequentemente de empregos durante a construção, e a estimativa do número de empregos diretos gerados por empreendimento deverão ser obtidas junto à equipe dos estudos de engenharia.

São sugeridos os seguintes passos para se chegar à atribuição do índice de impacto da alternativa:

- a) Calcular o percentual de empregos diretos gerados no pico das obras por subárea em relação ao somatório da população economicamente ativa dos municípios da subárea. A subárea de referência para um dado aproveitamento é aquela onde se localizar o município diretamente beneficiado por este. Se

forem identificados mais de um município de apoio para a construção do empreendimento, e estes se localizarem em subáreas distintas, deve ser solicitada à equipe dos estudos de engenharia a estimativa do número de empregos diretamente gerados nos diferentes municípios beneficiados, para a distribuição dos dados entre as diferentes subáreas.

$$\text{Indprel} = \frac{\sum \text{Emp}_{\text{sub}}}{\sum \text{PEA}_{\text{sub}}} \times 100 \quad (5.4.2.01)$$

onde:

Indprel	Indicador Preliminar
Emp _{sub}	Empregos diretos gerados pelos empreendimentos de uma dada subárea
PEA _{sub}	PEA de uma dada subárea

- b) Atribuir o grau de impacto positivo por subárea associado ao percentual calculado. Foi arbitrado que um aumento de 30% da PEA de uma dada subárea é um valor muito expressivo para efeito de dinamização do mercado de trabalho, e mesmo da economia local. Assim, este valor serve como parâmetro indicativo do impacto positivo máximo em uma subárea, associado ao valor 1,0 (um). Entre 0 e 30% de aumento da PEA da subárea o aumento do indicador por subárea é proporcional ao aumento da taxa, e valores superiores a 30% de aumento da PEA da subárea recebem igualmente o valor máximo 1,0 (um).
- c) Compôr o índice de impacto positivo do potencial de dinamização do mercado de trabalho local de cada alternativa. O índice final é obtido pela soma ponderada dos graus de impacto das subáreas, utilizando os pesos revistos atribuídos às subáreas.

$$\text{IPMT} = \sum \text{peso}_{\text{sub}} \times \text{Ind}_{\text{sub}} \quad (5.4.2.02)$$

onde:

IPMT	Índice de Impacto Positivo relativo à dinamização do Mercado de Trabalho
peso _{sub}	Peso da subárea
Ind _{sub}	Indicador por subárea

Aumento da Arrecadação Municipal

O aumento da arrecadação municipal é um impacto positivo importante na implantação e operação de UHEs. Este efeito ocorre principalmente devido ao pagamento de Compensação Financeira pela exploração dos recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e pelo montante de ISS arrecadado pelos Municípios em decorrência dos serviços prestados durante as obras.

A Compensação Financeira foi instituída pela Lei nº 7990/89, que estabeleceu que uma parcela da receita de uma UHE obtida por esta atividade deverá ser revertida aos Estados e aos Municípios que tiverem parte de seu território inundado pelo reservatório artificial formado na ocasião de implementação da usina. De acordo com a legislação na época da edição deste Manual, o valor mensal da compensação financeira aos municípios corresponde a 45% dos 6% da energia gerada pela usina no mês, multiplicado pela Tarifa Atualizada de Referência (TAR). No caso de haver mais de um município atingido, este montante é distribuído proporcionalmente às parcelas de áreas inundadas em cada município em relação à área total inundada.

Em uma mesma bacia hidrográfica alguns empreendimentos são beneficiados com acréscimo de energia pela existência de reservatórios regularizadores a montante. Para o cálculo da compensação financeira deve ser considerado o disposto na resolução ANEEL nº 88/200,² em relação ao repasse de parte

2 Deve ser considerado o dispositivo normativo em vigor a época dos estudos.

da compensação financeira para os estados e municípios atingidos por estes reservatórios, proporcionalmente ao acréscimo de energia.

Para a estimativa do ISS a ser arrecadado pelos municípios onde se localizam os canteiros de obra, pode ser considerado que a maior parte dos serviços executados durante a obra de um empreendimento hidroelétrico provém dos empreiteiros de construção civil e montagem, cujo montante gira em torno de 60% do valor da obra.³ O valor a ser arrecadado de ISS varia de acordo com a alíquota que cada município cobra sobre esse imposto.

O indicador sugerido considera apenas os benefícios concedidos aos municípios atingidos, uma vez que a avaliação dos impactos positivos está orientada para enfatizar os efeitos locais, pois é nessa região onde ocorrem os principais impactos negativos. Assim, o indicador utilizado para a avaliação deste impacto positivo é o **aumento da receita dos municípios, calculado pela razão entre as estimativas dos benefícios a serem pagos aos municípios atingidos e as receitas destes mesmos municípios.**

Para atribuição do grau de impacto positivo a cada alternativa devem ser seguidos os seguintes passos:

- Escolha do ano base deve ser escolhido um ano base para ser realizada a comparação dos valores. Recomenda-se a escolha do ano mais recente para o qual seja possível encontrar os dados das receitas municipais.
- Estimativa do total de energia gerada anualmente devido a um aproveitamento, considerando o repasse por regularização a montante, conforme previsto pela resolução da ANEEL nº 88/2001.

Aplica-se a fórmula:

$$GT(k) = \sum_{i \in J(k)} g(i, k) \quad (5.4.2.03)$$

onde:

GT(k)	Geração total devido ao aproveitamento k em MWh
g(i, k)	Geração anual firme no aproveitamento i devido ao aproveitamento k em MWh
J(k)	Conjunto de aproveitamentos existentes e planejados na alternativa a jusante do aproveitamento k

Para a estimativa dos valores de g(i,k), pode-se utilizar simulações da operação do sistema disponíveis na ferramenta computacional SINV.

- Estimativa da compensação financeira a ser distribuída anualmente aos municípios por um aproveitamento:

$$CFA(k) = 0,06 \times 0,45 \times GT(k) \times TAR \quad (5.4.2.04)$$

onde:

CFA(k)	Compensação financeira distribuída por um aproveitamento aos municípios atingidos (R\$)
GT(k)	Geração total devido ao aproveitamento k (MWh)
TAR	Tarifa atualizada de referência. A TAR utilizada deve ser referente ao ano base
Fator de 0,45	Parcela referente aos municípios

- Cálculo da parcela de área inundada dos reservatórios:

Um reservatório de UHE ocupa uma área total que pode pertencer a um ou mais municípios. Para cada município a ser atingido diretamente pelo reservatório de um aproveitamento previsto na alternativa, o valor da sua parcela de área inundada é obtido através da equação a seguir:

3 Fonte: EPE – Estudos de AAI (2007).

$$PMA(m,k) = \frac{AMA(m,k)}{A(k)} \quad (5.4.2.05)$$

onde:

PMA (m, k)	Parcela de área inundada em um município m por um aproveitamento k
AMA(m,k)	Área do município m inundada pelo aproveitamento k
A(k)	Área total do reservatório do aproveitamento k

O resultado corresponde à parcela que o município deve receber do montante de compensação financeira pago pelo aproveitamento **k**.

Para a obtenção dos valores de AMA(m,k) e A(k), recomenda-se a utilização de geoprocessamento. Através da sobreposição do desenho da área ocupada pelo reservatório sobre o mapa da malha municipal é possível obter as áreas (km²) a serem inundadas em cada município atingido.

- e) Estimativa do montante de compensação financeira que cada município recebe de um aproveitamento previsto na alternativa analisada:

$$CFMA (m,k) = CFA(k) \times PMA(m,k) \quad (5.4.2.06)$$

onde:

CFMA (m,k)	Compensação financeira que o município m recebe do aproveitamento k
------------	---

- f) Estimativa do montante de compensação financeira total que cada município recebe:

$$CFM(m) = \sum_{j \in AP} CFMA(m,k) \quad (5.4.2.07)$$

onde:

CFM (m)	Compensação financeira total recebida pelo município m
AP	Conjunto de aproveitamentos previstos na alternativa analisada

- g) Estimativa de quanto cada subárea recebe de Compensação Financeira:

Para o caso dos impactos positivos decorrentes do aumento da arrecadação municipal, deve ser adotada a mesma divisão em subáreas utilizada para a avaliação de impactos negativos no componente Base Econômica. Em geral, esta subdivisão acompanha a divisão política municipal, ou seja, cada subárea corresponde a um conjunto de municípios que representa uma faixa ou categoria de desenvolvimento econômico.

$$CFS(s) = \sum_{i \in MS(s)} CFM(i) \quad (5.4.2.08)$$

onde:

CFS(s)	Compensação financeira total recebida pela subárea s
CFM (i)	Compensação financeira recebida por cada município atingido na subárea
MS(s)	Conjunto de municípios atingidos na subárea s

- h) Estimativa de ISS arrecadado por cada município a ser beneficiado por cada aproveitamento:

Para a realização desta estimativa devem ser obtidos os valores médios para as cotas de ISS praticadas no conjunto de municípios onde serão realizados os serviços durante a implantação dos aproveitamentos previstos no Estudo de Inventário. São também necessários os dados referentes aos custos totais dos serviços (CTS) a serem realizados durante a implantação de cada aproveitamento, que devem ser obtidos nos orçamentos apresentados.

Deve também ser determinado, junto com a equipe dos estudos de engenharia, quais os municípios que serão beneficiados com a arrecadação de impostos sobre serviços durante a implantação de um projeto. Neste caso, define-se que cada município beneficiado deve receber uma parcela **p** do montante de recursos arrecadados de ISS. Nesse sentido, observa-se que a maior parte do volume das obras realizadas para implantação de uma UHE é representada pela barragem e pela casa de força, sendo razoável admitir que os municípios que abrigarem estas instalações deverão ser os grandes beneficiados. Assim, quando não houver definição quanto aos municípios a serem beneficiados, recomenda-se que a estimativa de ISS seja repartida em partes iguais entre os municípios onde esteja localizado o eixo principal da barragem do aproveitamento (onde normalmente se localiza a casa de força).

O ISS arrecadado pelo Município **m** deve ser obtido segundo a equação:

$$ISS(m,i) = CTS(i) \times p(m,i) \times AL(m) \tag{5.4.2.09}$$

onde:

ISS(m,i)	Montante de ISS arrecadado pelo Município m durante a construção do aproveitamento i
CTS(i)	Custo Total dos Serviços na construção do aproveitamento i
p(m,i)	Parcela estimada de ISS arrecadado durante a construção do aproveitamento i que deve ser destinada ao município m
AL(m)	Alíquota estimada de ISS para o Município m

i) Distribuição dos recursos de ISS ao longo da vida útil das UHEs:

A maior parte dos recursos provenientes da arrecadação de ISS serão aportados aos municípios durante os períodos de construção de cada uma das UHEs, envolvendo um período de três a seis anos. Por outro lado, os municípios devem contar com os recursos provenientes do pagamento de Compensação Financeira em um outro período de tempo, que tem início na entrada em operação das usinas e dura até o final da vida útil das mesmas.

Para avaliar o benefício agregado do aumento de arrecadação para os municípios diretamente atingidos pelos aproveitamentos previstos no Estudo de Inventário, considerando que as principais fontes de recurso devem ser o ISS e a CF, é necessário comparar os valores em uma mesma escala de tempo. Sugere-se transformar o montante total de recursos de ISS arrecadados durante a construção de um empreendimento em uma renda anual equivalente ao longo da vida útil do mesmo.

$$ISSV(m,i) = \frac{ISS(m,i) \times [(1+a)^t \times a]}{(1+a)^t - 1} \tag{5.4.2.10}$$

onde:

ISSV(m, i)	Valor equivalente ao ISS arrecadado pelo Município m durante a construção do aproveitamento i transformado em uma renda anual para o Município m ao longo da vida útil do aproveitamento i
a	Taxa de juros
t	Tempo de vida útil da usina (anos)

Os valores a serem adotados para a taxa de juros e o tempo da vida útil devem ser compatíveis com os valores assumidos nos estudos de engenharia.

j) Estimativa total de ISS arrecadado pelos municípios atingidos em cada subárea:

$$ISS(s) = \sum_{i \in MS(s)} ISSV(i) \tag{5.4.2.11}$$

onde:

ISS(s)	Soma dos valores de ISSV recebidos pelos municípios que compõem a subárea s
MS (s)	Conjunto de municípios da subárea s

k) Obtenção do Benefício Total por Subáreas:

O Benefício Total, em termos de aumento de arrecadação, para uma determinada subárea s é igual a soma dos benefícios de compensação financeira e de ISS da mesma subárea, conforme a fórmula:

$$BT(s) = ISS(s) + CFS(s) \quad (5.4.2.12)$$

onde:

CFS(s)	Compensação financeira total recebida pela subárea s
ISS(s)	Montante de ISS recebido pela subárea s

l) Obtenção das Receitas Municipais e da Soma das Receitas da Subárea:

Os dados de receita orçamentária municipal de todos os Municípios atingidos diretamente pelos aproveitamentos previstos no inventário, para o ano base escolhido, podem ser obtidos no *site* da Secretaria de Tesouro Nacional do Ministério da Fazenda.⁴

Por definição, $R(s)$ é igual a soma das receitas municipais arrecadadas no ano base de todos os municípios que compõem uma subárea. O valor de $R(s)$ deve ser calculado para todas as subáreas.

$$R(s) = \sum_{i \in MS(s)} RM(s) \quad (5.4.2.14)$$

onde:

RM(s)	Receitas municipais dos municípios que compõem cada subárea
R(s)	Receita total da subárea

m) Grau de Impacto Positivo por Subárea:

O aumento percentual da receita dos municípios beneficiados em cada subárea é obtido pela relação entre o benefício total arrecadado $BT(s)$ na subárea e a soma das receitas municipais das subáreas $R(s)$.

Um aumento percentual da ordem de 30% significa dizer que os municípios de uma determinada subárea obterão ganhos adicionais desta ordem para suas receitas durante a vida útil dos empreendimentos que lá forem implantados. Este valor é considerado bastante expressivo para a economia municipal e tem reflexos positivos para a economia regional. Sugere-se adotá-lo como valor de satisfação (VS), ou seja, aquele que corresponde à relação entre benefício total arrecadado $BT(s)$ e a receita das subáreas $R(s)$ considerada ideal. Para este valor, o grau de impacto positivo deve corresponder ao grau de impacto máximo, ou seja, um (1,0), devendo os demais graus de impacto ser normalizados em função deste valor.

Assim, o índice atribuído às subáreas pode ser obtido conforme indicado a seguir:

$$I(s) = \text{Min} \left\{ 1, \frac{BT(s)}{R(s)} \times \frac{1}{VS} \right\} \quad (5.4.2.15)$$

n) Composição do índice de impacto positivo por alternativa:

O índice final é obtido pela soma ponderada dos graus de impacto das subáreas, utilizando os pesos revistos atribuídos às subáreas:

$$I_{AM \text{ alt}} = \sum_s I(s) \times p(s) \quad (5.4.2.16)$$

onde:

⁴ http://www.stn.fazenda.gov.br/estados_municipios/index.asp.

$I_{AM\ alt(s)}$	Índice de impacto positivo relativo à arrecadação municipal em cada subárea s
$P(s)$	Peso de cada subárea s

Infra-estrutura Rodoviária

Este elemento considera as benfeitorias empreendidas na área da usina e nas conexões com a(s) sede(s) municipal(is) e adjacências, na implantação dos empreendimentos, especialmente em termos de estradas de rodagem e pontes, levando em conta sua importância para a acessibilidade e circulação da região. Na descrição do componente-síntese Organização Territorial, é observado que uma das formas de se estimar a interferência sobre a acessibilidade inclui a descrição, mapeamento e qualificação da infra-estrutura viária atingida, nos aspectos relacionados à extensão, percurso, ocorrência de pontos de articulação, corredores e área de influência por eles definidos, entre outros. Assim, a partir de tais informações e do mapeamento da rede viária regional, os especialistas podem identificar em cada aproveitamento os elementos ligados à infra-estrutura que poderão reforçar a integração regional e aumentar a acessibilidade a determinadas localidades. Para este elemento pode ser considerada a divisão estabelecida para o componente Organização Territorial, atribuindo-se o peso a cada subárea em função da densidade de infra-estrutura viária e sua importância local e regional, incluindo as necessidades de expansão da rede.

O indicador sugerido é a **extensão em quilômetros das estradas de rodagem considerada para o cálculo dos custos dos aproveitamentos**, informação contemplada no Orçamento Padrão da Eletrobrás – OPE (conta .16), devendo ser considerada apenas aquelas que foram acrescentadas à rede viária.⁵ Outros elementos poderão ser usados como fatores de potencialização desta variável, ressaltando características importantes para o cálculo dos benefícios:

- Particularidades das estradas a serem construídas (se a ligação possibilita a conexão entre sedes municipais, a centros de grande influência regional e entre duas ou mais estradas importantes para a circulação regional. estimativa da população beneficiada com o novo acesso, entre outras).
- As pontes previstas no OPE deverão ser avaliadas de acordo com a sua importância em termos locais.

Deve ser identificada a quantidade de quilômetros por aproveitamento e por subárea, bem como a previsão de construção de pontes e outros fatores de potencialização deste indicador. Para este elemento deve ser utilizada a divisão em subáreas do componente-síntese Organização Territorial.

A partir do entendimento da dinâmica regional, os especialistas estabelecem o valor máximo do indicador em quilômetros de estrada adicionados à malha existente na região, que representará uma alteração favorável muito significativa, devendo corresponder ao valor um na atribuição de grau de impacto. O valor zero corresponderá a nenhum acréscimo na rede viária. Considerando os demais fatores de potencialização o valor atribuído em função da extensão poderá ser aumentado. Obtém-se desse modo o valor do indicador para cada subárea.

O índice de impacto para alternativa será obtido pela soma ponderada dos índices das subáreas, utilizando os pesos revistos para as subáreas.

Uso Racional dos Recursos Hídricos

A identificação da oportunidade de impactos positivos relacionados aos usos múltiplos da água deve ser realizada com base na análise da tendência da evolução de seus diversos usos na bacia hidrográfica, a ser realizada na elaboração do Cenário de Usos Múltiplos, descrito no item 4.2.2.

Esta tendência apresenta uma visão de longo prazo, compatível com o horizonte estabelecido pelo Plano Nacional de Recursos Hídricos (20 anos), e aponta, para cada trecho do rio da bacia em estudo, as parcelas de vazão e quedas comprometidas com os outros usos do recurso hídrico que limitam a

5 Não serão consideradas as obras de recuperação em virtude da degradação pelo uso durante a fase de construção do empreendimento ou as referentes à relocação (Conta .10.11 do OPE).

geração de energia, mas que podem ser vistos como oportunidades de impactos positivos para agricultura irrigada, controle de cheias, navegação fluvial, abastecimento, aquíicultura, e outros, como o turismo, em alguns casos. Se o Cenário de Usos Múltiplos prever volumes específicos de alocação para os reservatórios de regularização, por exemplo, pode-se considerar que haverá um impacto positivo decorrente, o controle de cheias. Da mesma forma, caso o Cenário de Usos Múltiplos identifique a perda líquida de vazão devido a captações, pode-se considerar que haverá um impacto positivo relacionado ao aumento do acesso à água na região em estudo. A existência de algum tipo de sistema de transposição para o local, ou a criação de condições propícias para a navegação fluvial decorrente da construção do reservatório, como a manutenção de vazões para operação do sistema de transposição, também pode indicar a oportunidade de impacto positivo, neste caso o setor beneficiado será o de navegação fluvial de pequeno, médio ou grande porte.

A partir de uma análise da tendência apresentada no Cenário de Usos Múltiplos, deverá ser estimado o grau do impacto positivo para a região, considerando cada alternativa de divisão de queda e a utilização múltipla da água na bacia.

O indicador de impacto positivo sugerido visa medir a contribuição da implantação dos aproveitamentos que compõe as alternativas no inventário hidrelétrico aos objetivos dos Planos de Bacia, Planos Regionais ou Planos Setoriais já existentes em relação à ampliação da área apta para irrigação, ampliação da extensão de rios navegáveis, dos pontos de controle de cheias, etc.

Devem ser seguidos os seguintes passos:

- a) Atribuição do grau de impacto positivo para cada um dos usos por alternativa.

Dependendo da natureza dos usos da água as avaliações devem ser feitas por subáreas, tomando como base a divisão já estabelecida para o componente-síntese mais adequado para a análise de cada uso (por exemplo, para a irrigação sugere-se o componente Base Econômica, para o abastecimento, o componente Modos de Vida). Para a navegação pode ser adotada como unidade de análise a área de estudo como um todo sem a divisão em subáreas. Caso a avaliação do impacto tenha sido realizada por subárea, deve-se, posteriormente, calcular o impacto total da alternativa, a partir da soma ponderada dos graus de impacto pelo peso de cada subárea.

A atribuição do grau de impacto positivo para cada um dos usos deve variar em uma escala de zero a um. Caso não haja contribuição ao(s) Plano(s), este impacto positivo é considerado nulo. Caso contrário, quanto maior for a contribuição ao Plano analisado decorrente da ampliação proporcionada pelos aproveitamentos, maior será o impacto positivo e mais este valor se aproximará de um.

- b) O impacto positivo final relativo à oportunidade de viabilização do uso racional dos recursos hídricos para cada alternativa deve ser determinado a partir da composição do impacto de cada uso da água (agricultura irrigada, controle de cheias, navegação fluvial, abastecimento), ponderados pela sua importância relativa, considerando o contexto da bacia hidrográfica em estudo. A Equação 5.4.2.07 mostra como esta composição deve ser calculada

$$\sum_j (I_a_j \times p_j) = (I_{a_{irr}} \times p_{irr}) + (I_{a_{cc}} \times p_{cc}) + (I_{a_{aq}} \times p_{aq}) + (I_{a_{nf}} \times p_{nf}) + (I_{a_{as}} \times p_{as}) + (I_{a_{tr}} \times p_{tr}) \quad (5.4.2.17)$$

onde:

I_{a_j}	Impacto positivo da alternativa para o uso j
p_j	É a importância relativa do uso j
irr	Representa o uso irrigação
cc	Representa o uso controle de cheias
aq	Representa o uso aquíicultura/piscicultura
nf	Representa o componente navegação fluvial

as	Representa o componente abastecimento
tr	Representa o componente turismo

A ponderação da importância (p_i) de cada uso deverá tomar como base as prioridades estabelecidas no Plano de Recursos Hídricos (PRH) tomado como referência para o Cenário de Usos Múltiplos (item 4.2.2). A referência do Cenário de Usos Múltiplos pode variar da seguinte forma:

- Cenário elaborado com base em um Plano de Recursos Hídricos na bacia.
- Cenário elaborado com base em um ou mais planos setoriais ou de desenvolvimento regional.
- Cenário elaborado sem planos de referência.

Para o primeiro caso, considerando um cenário elaborado com base em um Plano de Recursos Hídricos da bacia (a), a ponderação da importância de cada uso múltiplo para composição final do impacto positivo em questão deverá tomar como base as prioridades de uso estabelecidas no Plano de Recursos Hídricos (PRH) da bacia.

No caso de um cenário elaborado com base em um ou mais planos setoriais ou de desenvolvimento regional (b), os pesos de importância de cada uso múltiplo para composição final do impacto positivo em questão serão estabelecidos de acordo com as informações apresentadas no diagnóstico e no Cenário de Usos Múltiplos. Neste caso, o impacto positivo final deverá sofrer ainda uma penalização de um fator igual a 0,5. Isto porque, não havendo PRH, não é garantida a racionalidade dos usos múltiplos da água.

Já no caso de um cenário elaborado sem planos de referência (c), deve-se considerar como nula a oportunidade de viabilização do uso racional dos recursos hídricos, e não deve ser considerada esta dimensão na composição final do índice de impacto positivo.

Para cada um dos usos dos recursos hídricos é apresentado a seguir a sugestão de indicador e da metodologia a ser aplicada para atribuição de grau de impacto.

a) Irrigação

O período de estiagem é um limitante importante para o desenvolvimento agrícola de algumas regiões. A implantação de reservatórios pode ser aproveitada para a implantação de projetos de irrigação, apresentando uma importante oportunidade de impacto positivo. Havendo menção no Cenário de Usos Múltiplos a este tipo de atividade, são sugeridos os seguintes passos para a análise:

- Verificar se há Plano de Recursos Hídricos da Bacia ou algum Plano de implantação de perímetros de irrigação com horizonte temporal compatível com o Plano de Recursos Hídricos. Considerando este plano, verificar a localização e a área de irrigação planejada (hectares) e a contribuição para a irrigação decorrente da implementação dos aproveitamentos.
- No caso do Plano indicar a necessidade de regularização e o aproveitamento estiver dimensionado com reservatório de regularização, o impacto positivo pode ser computado pelo percentual da área prevista no Plano para ser irrigada que se beneficiará desta regularização, em relação à área total irrigada prevista no Plano.
- No caso da manutenção do nível da água para captação, o impacto positivo deve ser calculado pelo percentual de área prevista no Plano para ser irrigada no entorno do reservatório em relação à área total irrigada prevista no Plano.
- A determinação do grau de impacto pode ser feita a partir da localização das áreas aptas, das tomadas d'água para irrigação totais do Plano, e das áreas beneficiadas por cada alternativa de divisão de queda. Devem ser consideradas as subáreas definidas para o componente-síntese Base Econômica. A avaliação do impacto positivo deve ser apresentada em termos percentuais para cada subárea impactada por cada alternativa, com base na **razão entre área de expansão da irrigação beneficiada pelos aproveitamentos**.

tos que compõe as alternativas e a área apta para irrigação descrita no Plano analisado, de acordo com a Equação 5.4.2.18 abaixo:

$$Ia_{irr}^{x,y} = \frac{\sum_n (Airr_n^{x,y})}{\sum_m (Airrplan_m^x)} \quad (5.4.2.18)$$

onde:

$Ia_{irr}^{x,y}$	Impacto positivo na irrigação na subárea x pelos aproveitamentos da alternativa y
$Airr_n^{x,y}$	Área n (em hectares) para irrigação com contribuição dos aproveitamentos que compõe a alternativa y na subárea x
$Airrplan_m^x$	Área m (em hectares) de expansão da irrigação planejada na subárea x

Posteriormente, o percentual obtido deve ser transformado em uma nota de zero a um.

- O impacto total da alternativa para a irrigação será dado pela soma ponderada dos valores obtidos para cada subárea, considerando os pesos revistos para as subáreas.

b) Regularização de vazões/controle de cheias

Devido à construção dos aproveitamentos pode haver, com maior ou menor intensidade, a regularização dos regimes de níveis e vazões, auxiliando no controle de cheias, ou melhorando o sistema de alerta de cheias.

Para avaliar a oportunidade de tal impacto positivo deve-se verificar se o Cenário de Usos Múltiplos prevê a necessidade de controle de cheias nos municípios das subáreas estudadas. Em caso positivo, são sugeridos os seguintes passos:

- Verificar se há medidas previstas para o controle de cheias no Plano de Recursos Hídricos da Bacia ou Plano de Macrodrenagem com horizonte temporal compatível com o Plano de Recursos Hídricos. Verificar a área e localização geográfica dos núcleos urbanos e rurais previstos de serem protegidos no Plano.
- Selecionar qual o componente-síntese a ser adotado como base para a análise em subáreas, em função das características da região e de que aspectos serão mais beneficiados com o controle de cheias (componentes Modos de Vida, Base Econômica e Organização Territorial).
- Estimar a área que deixará de ser inundada pelas cheias ou as melhorias no sistema de alerta de cheias, considerando cada subárea do componente adotado como referência, ou seja, a relação entre a área sujeita a inundações antes da realização das medidas previstas no Plano e após sua implementação, em cada uma das subáreas.
- A avaliação do impacto positivo deve ser feita com base no total das áreas a serem protegidas na bacia beneficiadas pelos aproveitamentos de cada alternativa de divisão de queda. Assim, deve-se determinar **a razão percentual entre a área beneficiada pelos aproveitamentos e a área total protegida pelas medidas de controle de cheias previstas no Plano, para cada subárea**, conforme a Equação 5.4.2.19.

$$Ia_{cc}^{x,y} = \frac{\sum_n (Acc_n^{x,y})}{\sum_m (Accplan_m^x)} \quad (5.4.2.19)$$

onde:

$Ia_{cc}^{x,y}$	Impacto positivo no controle de cheia da subárea x pelos aproveitamentos da alternativa y
$Acc_n^{x,y}$	Área n (em hectares) beneficiada pelo controle de cheias beneficiada pela construção dos aproveitamentos que compõe a alternativa y na subárea x

$Accplan_m^x$ Área m (em hectares) planejada para controle de cheias na subárea x

Posteriormente, o percentual obtido deve ser transformado em uma nota de zero a um.

- O impacto total da alternativa para o controle de cheias será dado pela soma ponderada dos valores obtidos para cada subárea, considerando os pesos revistos para as subáreas.

c) Navegação fluvial

A presença de saltos e outros obstáculos impede a navegação dos rios. A implantação de reservatórios pode beneficiar o uso hidroviário desses rios, apresentando-se como uma oportunidade de impacto positivo importante para regiões com intensa movimentação ou com potencial movimentação de pessoas e/ou mercadorias. Considera-se que tal oportunidade existirá quando a navegação fluvial for condicionada pela construção do futuro reservatório.

Para avaliar a oportunidade de tal impacto positivo deve-se verificar se no Cenário de Usos Múltiplos há menção a este tipo de atividade. Em caso positivo são sugeridos os seguintes passos:

- Verificar a existência de Plano de Recursos Hídricos da Bacia (PRH) ou de Plano Setorial de Navegação Fluvial com horizonte temporal compatível com o Plano de Recursos Hídricos. Caso exista um Plano (de Bacia ou Setorial) que contemple a construção e/ou melhoramento de hidrovia (independente do porte), os impactos positivos a serem considerados serão aquelas melhorias que a construção dos aproveitamentos venham a proporcionar.
- Determinar a extensão e a localização dos trechos com viabilização ou expansão da navegação em decorrência da construção dos reservatórios.
- A avaliação do impacto positivo para a navegação fluvial deve ser feita com base na garantia de tirantes mínimos ou construção de algum tipo de sistema de transposição de embarcações, cargas ou passageiros pela via navegável, de acordo com o arranjo da obra. Sempre que houver algum sistema de transposição previsto para o local e que houver a criação de condições propícias para o transporte hidroviário, decorrente da construção do reservatório, considera-se que haverá uma oportunidade de impacto positivo significativa.
- A atribuição de grau do impacto positivo será determinada pela **razão da extensão dos trechos viabilizados pela construção dos aproveitamentos** – desde que atendam as necessidades em termos de dimensão de embarcações e tráfego esperado descrito no PRH ou no Plano setorial – **em relação à extensão total prevista pelo Plano** (Equação 5.4.2.20). As informações necessárias para tal são o número de quilômetros e a localização dos trechos beneficiados por cada alternativa de divisão de queda e os quilômetros e localização dos trechos previstos no Plano.

$$Ia_{nf}^y = \frac{\sum_n (nf_n^y)}{\sum_m (nf_m)} \quad (5.4.2.20)$$

onde:

Ia_{nf}^y	Impacto positivo na navegação fluvial causada pelos aproveitamentos da alternativa y
nf_n^y	Trecho apto para navegação fluvial beneficiados pela construção dos aproveitamentos que compõem a alternativa y
nf_m	Trecho m planejado para expansão da navegação fluvial

- Posteriormente, o percentual obtido deve ser transformado em uma nota de zero a um. Caso seja necessário o especialista pode efetuar algum ajuste, levando em conta as estatísticas de movimentação de pessoas e mercadorias na região.

- Neste caso, como não será feita a avaliação por subáreas, esta será a nota da avaliação do impacto total da alternativa.

d) Abastecimento público

Com a construção de reservatórios é possível ampliar as captações diretas, as vazões de captação, a distribuição e o percentual da população atendida nos municípios que compõem as subáreas do componente síntese Modos de Vida.

Para avaliar esta oportunidade de impacto positivo deve-se verificar no Cenário de Usos Múltiplos a situação de atendimento por abastecimento público aos núcleos populacionais da região e a localização das tomadas d'água. Em caso positivo, são sugeridos os seguintes passos:

- Verificar a existência de Plano de Recursos Hídricos da Bacia ou de algum Plano de Abastecimento Público ou Planos Diretores dos Municípios, com horizonte temporal compatível com o Plano de Recursos Hídricos que preveja ampliação do atendimento aos núcleos populacionais e a respectiva localização das tomadas d'água.
- Adotar as subáreas do componente-síntese Modo de Vida como referência para as análises, efetuando a revisão do peso entre subáreas em relação à finalidade da avaliação.
- A avaliação do impacto positivo para o abastecimento público decorrente dos aproveitamentos hidrelétricos deve ser feita com base na contribuição para a ampliação do atendimento aos núcleos populacionais.
- No caso do Plano indicar a necessidade de regularização do curso d'água e o aproveitamento estiver dimensionado com reservatório de regularização, o impacto positivo deve ser computado pelo percentual da área (núcleos populacionais) prevista no Plano para ser atendida que se beneficiará desta regularização, em relação à área total prevista no Plano.
- No caso da manutenção do nível da água para captação, o impacto positivo deve ser calculado pelo percentual de área (núcleos populacionais) prevista no Plano para ser atendida no entorno do reservatório e a área total a ser atendida conforme previsto no Plano, da mesma maneira como foi proposto para a irrigação. Para tal deve-se localizar os núcleos populacionais a serem abastecidos e as tomadas d'água do Plano, bem como os núcleos beneficiados por cada alternativa de divisão de queda.
- A avaliação do impacto positivo deve ser apresentada em termos percentuais para cada subárea impactada por cada alternativa, com base na **razão entre área da ampliação do abastecimento decorrente dos aproveitamentos que compõem as alternativas e a área considerada no Plano**, conforme a Equação 5.4.2.21.

$$Ia_{as}^{x,y} = \frac{\sum_n (Nabs_n^{x,y})}{\sum_m (Nabsplan_m^x)} \quad (5.4.2.21)$$

onde:

$Ia_{as}^{x,y}$	Impacto positivo no abastecimento na subárea x causado pelos aproveitamentos da alternativa y
$Nabs_n^{x,y}$	Tomadas d'água e núcleos populacionais aptos para o atendimento de abastecimento de água beneficiada pela construção dos aproveitamentos que compõe a alternativa y na subárea x
$Nabsplan_m^x$	Tomadas d'água e núcleos populacionais com atendimento planejado na subárea x

- Posteriormente, o percentual obtido por subárea deve ser transformado em uma nota de zero a um. O valor total da alternativa será dado pela soma ponderada dos valores obtidos para cada subárea, de acordo com seus respectivos pesos.

e) Aqüicultura

Após a implantação dos reservatórios é possível estabelecer um uso compartilhado com atividades de pesca, aproveitando o volume de água dos lagos para criar espécies que se adaptem à criação em cativeiro, o que pode ser considerado um impacto positivo.

Para avaliar a oportunidade de impacto positivo para a aqüicultura, deve-se verificar se atualmente existe este tipo de atividade nos municípios das subáreas do componente-síntese Base Econômica, ou se o Cenário de Usos Múltiplos contempla este tipo de uso, localizando as áreas de ocorrência desta atividade e a produtividade prevista (t/ha). Em caso positivo, seguir os seguintes passos:

- Verificar se este Cenário menciona um Plano de Recursos Hídricos da Bacia ou algum Plano Setorial de Pesca/Aqüicultura com horizonte temporal compatível com o Plano de Recursos Hídricos.
- Avaliar a expansão prevista no Plano para estas atividades nos municípios das subáreas. Esta avaliação pode ser feita em termos das áreas e da produtividade (t/ha) previstas no Plano e beneficiadas por cada alternativa de divisão de queda.
- A avaliação do impacto positivo para a aqüicultura deve ser feita com base na contribuição à criação de estações e ampliação das existentes nas subáreas em decorrência da construção dos reservatórios em termos percentuais, em relação àquelas previstas no Plano (Equação 5.4.2.22).

$$Ia_{aq}^{x,y} = \frac{\sum_n (Caq_n^{x,y})}{\sum_m (Caqplan_m^x)} \quad (5.4.2.22)$$

onde:

$Ia_{aq}^{x,y}$	Impacto positivo na aqüicultura na subárea x causado pelos aproveitamentos da alternativa y
$Caq_n^{x,y}$	Capacidade para aqüicultura beneficiada pela construção dos aproveitamentos que compõe a alternativa y na subárea x
$Caqplan_m^x$	Capacidade planejada para expansão de atividades de aqüicultura no Plano analisado na subárea x

- Posteriormente, o percentual obtido por subárea deve ser transformado em uma nota de zero a um. O valor total da alternativa será dado pela soma ponderada dos valores obtidos para cada subárea, de acordo com seus respectivos pesos.

f) Turismo

Em algumas regiões, a formação de reservatórios pode incrementar a criação de áreas de lazer e veraneio na área de estudo. Estas oportunidades englobam atividades recreativas como pesca esportiva, balneabilidade do reservatório, estética (criação de novas paisagens), e outras, inexistentes antes da construção do empreendimento.

Em locais onde haja aptidão previamente identificada para este tipo de atividade e onde exista um Plano (de Bacia ou Setorial) que preveja o desenvolvimento de turismo/lazer associado à represa (por exemplo, condomínios de férias, infra-estrutura hoteleira, implementação de esportes aquáticos associados a represas, etc), os impactos positivos podem ser considerados.

Esta consideração deve ser feita em relação à contribuição às atividades de turismo em decorrência da construção de **aproveitamentos a fio d'água** aos objetivos do Plano analisado. Para tal faz-se necessário destacar a localização das áreas turísticas constantes do Plano e as beneficiadas por cada alternativa. No caso de reservatórios com deplecionamento o impacto positivo para o Turismo não será considerado.

Para avaliar esta oportunidade de impacto positivo deve-se verificar a expansão de áreas para atividade de turismo no Plano de Recursos Hídricos da Bacia ou Plano Setorial de Turismo, mencionados no Cenário de Usos Múltiplos. Em caso positivo seguir os seguintes passos:

- Para cada subárea impactada mensurar a viabilização ou expansão das áreas de turismo e ampliação da população beneficiada em decorrência da construção dos reservatórios (ex: balneabilidade do reservatório).
- A avaliação do impacto positivo deve ser apresentada em termos percentuais para cada subárea impactada por cada alternativa, com base na **razão entre as áreas a serem beneficiadas pelos aproveitamentos de cada alternativa e as áreas previstas no Plano analisado**, conforme Equação (5.4.2.23).

$$Ia_{tr}^{x,y} = \frac{\sum_n (Atr_n^{x,y})}{\sum_m (Atrplan_m^x)} \quad (5.4.2.23)$$

onde:

$Ia_{tr}^{x,y}$	Impacto positivo na ampliação do turismo na subárea x causado pelos aproveitamentos da alternativa y
$Atr_n^{x,y}$	Ampliação de atividades de turismo beneficiada pela construção dos aproveitamentos que compõe a alternativa y na subárea x
$Atrplan_m^x$	Ampliação planejada de atividades de turismo na subárea x

- Posteriormente o percentual obtido deve ser transformado em uma nota de zero a um. A nota da alternativa é obtida pela soma ponderada dos graus das subáreas.

5.5 CONCEPÇÃO DOS ARRANJOS FINAIS DOS APROVEITAMENTOS

5.5.1 Geral

Neste item, estão apresentadas não apenas orientações relacionadas à concepção de arranjos gerais e de estruturas, mas também informações sobre critérios para dimensionamento de estruturas e equipamentos e quantificação de serviços de obras civis.

Nesta fase dos estudos, não é necessário realizar detalhamento das estruturas e equipamentos que compõem o aproveitamento hidrelétrico porque o nível de conhecimento das informações locais – topográficas, hidrológicas e geológicas – geralmente é insuficiente para permitir a aplicação eficaz desse detalhamento. O processo de definição do arranjo das estruturas e dos equipamentos consiste em selecionar, entre soluções típicas padronizadas, representativas da média da experiência corrente, aquelas que melhor se adaptem às características físicas do local em estudo, segundo critérios e juízos conservadores.

Alguns exemplos de soluções típicas de arranjos de usinas hidroelétricas são apresentados nas Figuras 5.5.1.01, 5.5.1.02 e 5.5.1.03.

A seguir, são apresentadas e definidas *estruturas típicas* que podem ser utilizadas para elaboração dos arranjos, juntamente com critérios que determinam sua seleção e procedimentos para quantificação para fins de orçamento. Deve-se considerar, entretanto, que o conjunto de soluções apresentadas não é exaustivo e que as condições de aplicação e os procedimentos de dimensionamento não são rígidos.

Enfatiza-se que alguns procedimentos específicos de cálculo – por exemplo, a determinação de volumes de escavação em canais de aproximação e restituição – são aproximados e seu uso somente se justifica onde a qualidade das informações de campo inviabiliza o uso de procedimentos mais precisos.

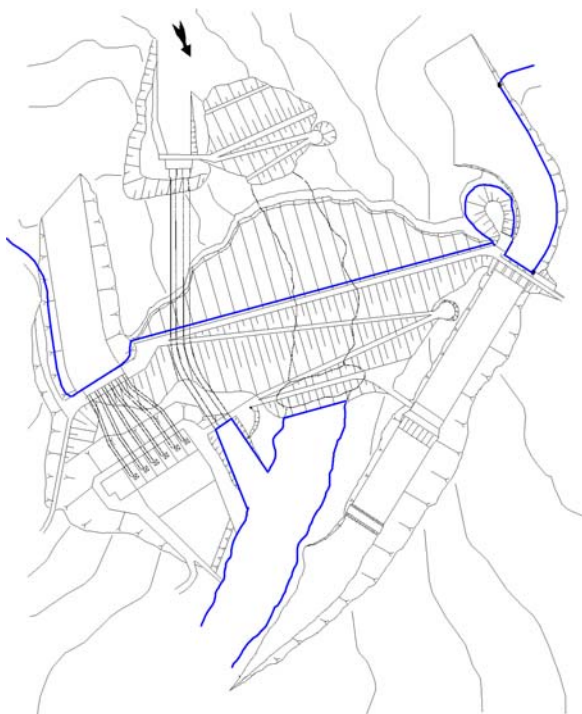


Figura 5.5.1.01 – Solução típica de arranjo em vale medianamente encaixado (UHE Governador Bento Munhoz da Rocha Neto-Foz do Areia).

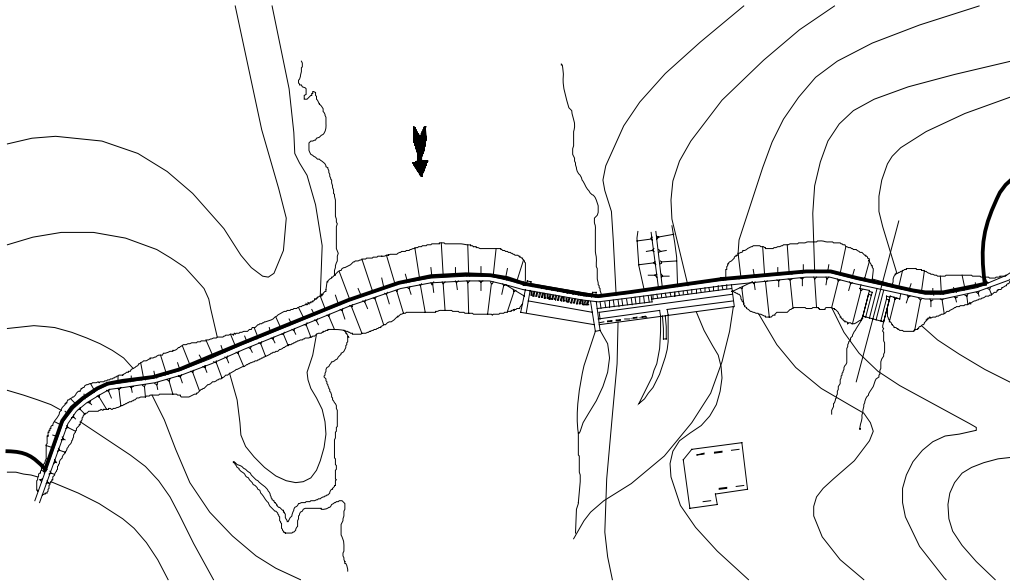


Figura 5.5.1.02 – Solução típica de arranjo em vale aberto (UHE Tucuruí).

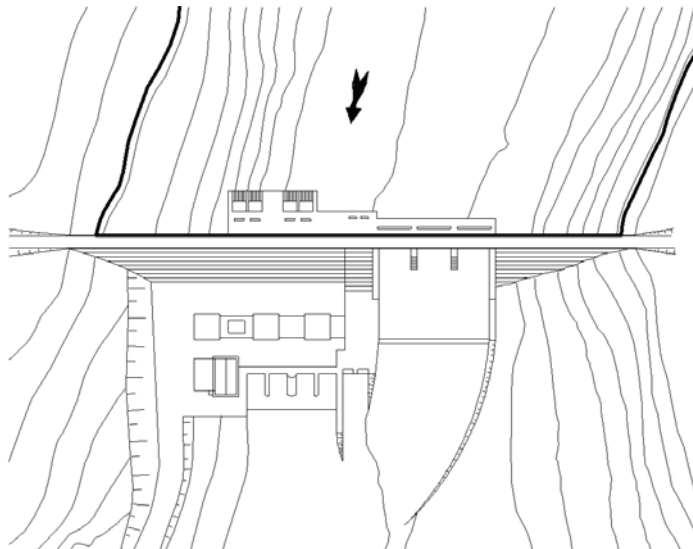


Figura 5.5.1.03 – Solução típica de arranjo em vale estreito.

5.5.2 Circuito Hidráulico de Geração

Um circuito hidráulico de geração pode ser composto das seguintes estruturas:

- Canal de adução.
- Câmara de carga.
- Tomada d'água.
- Conduto ou túnel adutor.
- Chaminé de equilíbrio.
- Conduto ou túnel forçado.
- Casa de força.
- Canal ou túnel de fuga.

As dimensões do circuito hidráulico de geração são determinantes para a concepção do arranjo geral da usina. As estruturas que compõem o circuito hidráulico de geração deverão ser dispostas de forma a definir um conjunto o mais curto possível e que resulte em menores volumes de obras.

O arranjo do circuito hidráulico de geração depende, basicamente, das características topográficas e geológicas do local, da vazão máxima turbinada e do deplecionamento máximo do reservatório. Alguns esquemas típicos do circuito hidráulico de geração são descritos a seguir.

- Circuitos hidráulicos de geração para aproveitamentos em que o desnível é causado essencialmente pela barragem, com casa de força situada ao pé da barragem:
- Aproveitamentos de baixa queda, sem condutos forçados, com tomada d'água e casa de força integradas na mesma estrutura e turbinas Kaplan com caixa semi-espiral de concreto ou turbinas Bulbo (Figura 5.5.2.01).
- Aproveitamentos de queda média ou baixa, com tomada d'água do tipo gravidade fazendo parte do barramento, e com condutos forçados parcial ou totalmente embutidos no concreto da tomada d'água (Figura 5.5.2.02).

Neste tipo, a casa de força equipada com turbinas Kaplan com caixa espiral de aço ou turbinas Francis, pode ou não ficar no leito do rio. Em aproveitamentos com queda baixa ou barragens de concreto, a casa de força fica, em geral, no leito do rio. Em aproveitamentos com poucas unidades geradoras e queda média, ou barragens de aterro e concreto a tomada d'água fica, em geral, em uma das ombreiras para diminuir o volume de concreto.

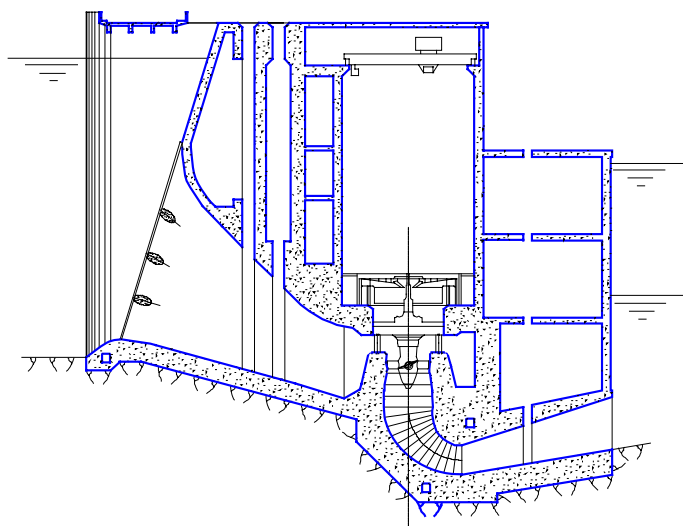


Figura 5.5.2.01 – Aproveitamento com tomada d'água e casa de força integrados na mesma estrutura (UHE Esperança).

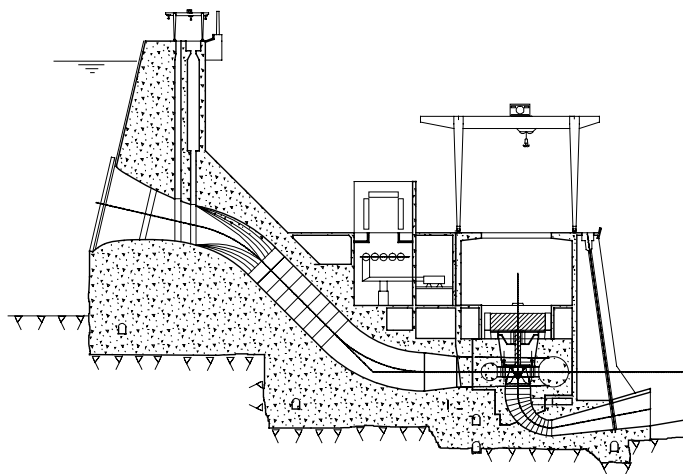


Figura 5.5.2.02 – Aproveitamento compacto com condutos forçados (UHE Água Vermelha).

- Circuitos hidráulicos de geração para aproveitamentos comportando derivação:
 - Aproveitamentos com derivação em canal (Figura 5.5.2.03), composto por canal de derivação, tomada d'água, conduto ou túnel forçado, casa de força e canal de fuga.
 - Aproveitamentos com derivação em conduto (Figura 5.5.2.04), composto por canal de adução, tomada d'água, conduto adutor de baixa pressão em túnel ou externo, chaminé de equilíbrio, casas de válvulas, conduto ou túnel forçado, casa de força subterrânea ou externa e canal ou túnel de fuga.
- Esses dois tipos de aproveitamentos possuem casa de força afastada da barragem e geralmente equipada com turbinas Pelton ou Francis.

A escolha entre canal e conduto de baixa pressão depende de análise econômica, levando também em conta a eventual utilização do material escavado na construção de barragens de aterro. De modo geral, a derivação em canal é recomendada para aproveitamentos com pequenas depleções do reservatório e quando a topografia é suave. A solução em conduto implica vazão turbinada máxima baixa e é quase sempre recomendada quando o caminho mais curto entre o reservatório e a casa de força for caracterizado por topografia montanhosa. Quando em túnel a cobertura de rocha deve ser maior que três vezes o diâmetro do túnel.

Aproveitamento com derivação em canal pode exigir uma estrutura de controle extra, na entrada do canal, enquanto que com derivação em túnel pode exigir chaminé de equilíbrio e válvulas.

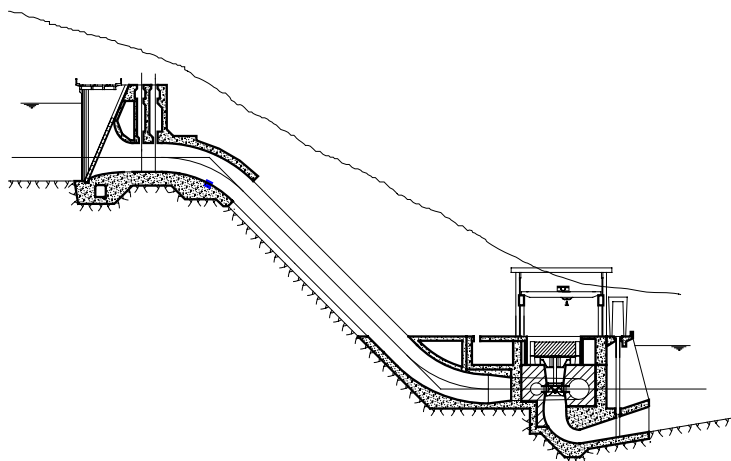


Figura 5.5.2.03 – Aproveitamento com derivação em canal aberto (UHE Erveira).

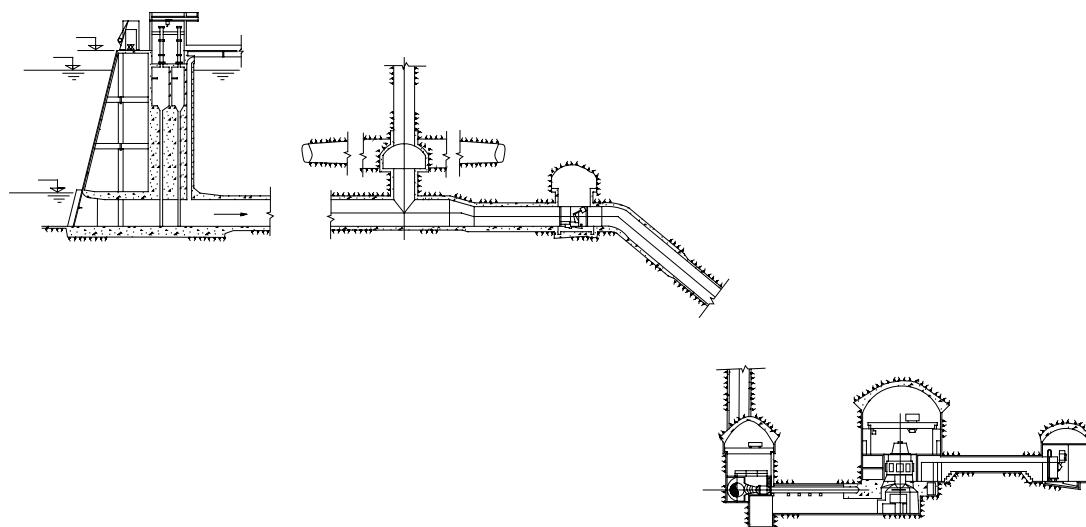


Figura 5.5.2.04 – Aproveitamento com derivação em conduto fechado (UHE Capivari Cachoeira).

As perdas de carga estimadas preliminarmente consideram a soma das perdas de carga na tomada d'água e nos condutos forçados – contínua ao longo do conduto, na transição, nas curvas e nas reduções de diâmetro, e na bifurcação e nas válvulas, quando houver –, além das perdas nos canais de adução e fuga, quando significativas, e no túnel adutor e chaminé de equilíbrio, quando for o caso. Em aproveitamentos de baixa queda, a determinação deverá ser feita com mais cuidado, incluindo as perdas na saída do tubo de sucção.

A perda de carga deverá ser alterada nos estudos energéticos, após o dimensionamento do circuito hidráulico de geração, nos casos onde houver grande discrepância para o valor prefixado.

CANAL DE ADUÇÃO (CONTA .12.19.31)

O canal de adução pode ser classificado em:

- Curto: sem necessidade de dimensionamento, tem apenas a velocidade do escoamento verificada se esta é maior que a mínima, da ordem 1,0 a 1,5m/s.
- Longo: em geral ligando dois pontos do mesmo rio, tipicamente acompanhando curvas de nível e escavado em ombreira, em alguns casos com aterro lateral.

Concepção e Recomendações

O traçado do canal de adução longo depende da topografia, da geologia local e da configuração do arranjo geral. De uma forma geral, segue as curvas de nível para minimizar escavação.

A largura do fundo do canal deverá ser, de preferência constante. Os taludes laterais de canais escavados em solo deverão ter inclinação 1V:1,5H e, se em rocha, 1V:0,25H.

Deverá ser considerado que, em alguns casos, o fechamento da seção final do canal de adução requer a construção de muros de concreto ou diques, lateralmente à tomada de água.

Quando o canal é excessivamente longo, maior que 3,0 km, deverá ser previsto, no seu final, junto à tomada d'água, a construção de uma câmara de carga para suprir ou abrigar o volume de água no caso de partida ou desligamento brusco das turbinas. Nesses casos, pode-se prever a construção de um vertedouro lateral.

Em todos os casos deverá ser prevista uma estrutura de controle de fluxo na entrada do canal.

Para canal de adução curto, que é o definido a partir da escavação necessária para acesso à tomada d'água, normalmente não é necessário determinar o perfil da linha d'água, bastando verificar a condição de velocidade máxima e admitindo perda de carga na entrada da ordem de 20% da altura de velocidade.

Critérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Os procedimentos para o dimensionamento do canal de adução longo são descritos no item 5.7.6. – Tomada d'água e adutoras – Canal de adução. Dever-se-á utilizar a planilha 576cn.xls para dimensionamento, quantificação de volumes e estimativa de custos.

O dimensionamento é feito levando-se em conta 3 casos de ocorrência da seção hidráulica mínima do canal:

- Em solo e rocha.
- Em rocha.
- Em solo.

A partir dos dados básicos, é determinada a profundidade de escoamento, largura do canal e volume de escavação e concreto.

Os canais de adução deverão ser dimensionados para a vazão turbinada total máxima da usina e para o reservatório no nível mínimo normal.

Onde for considerado necessário, por razões de impermeabilização ou estruturais, deverá ser previsto revestimento de concreto com espessura de 0,1 m para vazões inferiores a 100m³/s e 0,2m para os demais casos.

A velocidade média do escoamento deverá ficar em torno de 1,0m/s em canais escavados em solo e com revestimento de proteção contra erosão. Para canais escavados em rocha ou revestidos com concreto esse valor ficará em torno de 1,8m/s.

TOMADA D'ÁGUA

Os tipos de tomada d'água mais usuais são:

- Torre.
- Gravidade.
- Integrado à casa de força.

Tomadas d'água tipo *torre* (Figura 5.5.2.05) são geralmente empregadas em aproveitamentos onde se utiliza o túnel ou galeria de desvio também para adução.

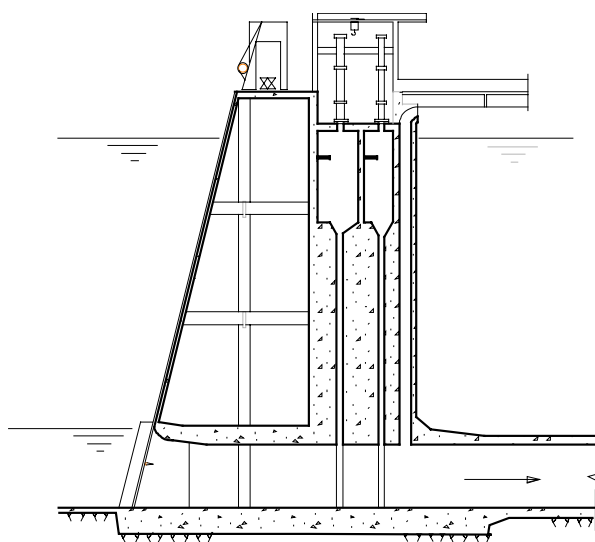


Figura 5.5.2.05 – Tomada d'água tipo torre.

Tomadas d'água do tipo *gravidade* são integradas ou não à barragem e a adução é feita para condutos forçados externos (Figura 5.5.2.06). Essas tomadas são empregadas em aproveitamentos equipados com turbinas tipo Pelton, Francis ou Kaplan com caixa espiral de aço.

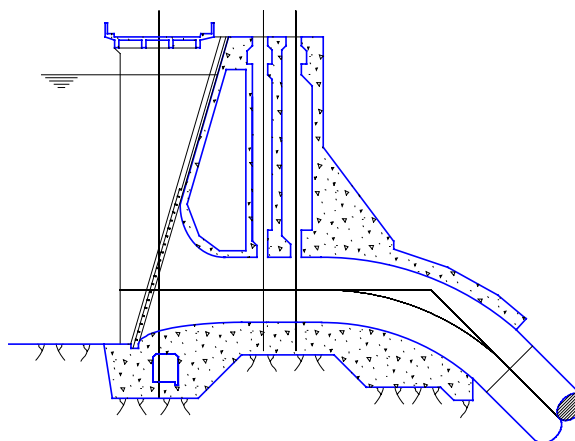


Figura 5.5.2.06 – Tomada d'água tipo gravidade com condutos externos.

Uma variação é o tipo *gravidade aliviada* (Figura 5.5.2.07), normalmente apoiada em maciço rochoso. Neste tipo de tomada d'água, a adução é feita para túneis, sejam eles forçados ou não. O espaçamento entre as unidades é aumentado para garantir a estabilidade da escavação subterrânea. Essas tomadas são empregadas em aproveitamentos equipados com turbinas tipo Pelton, Francis ou, mais raramente, Kaplan com caixa espiral de aço.

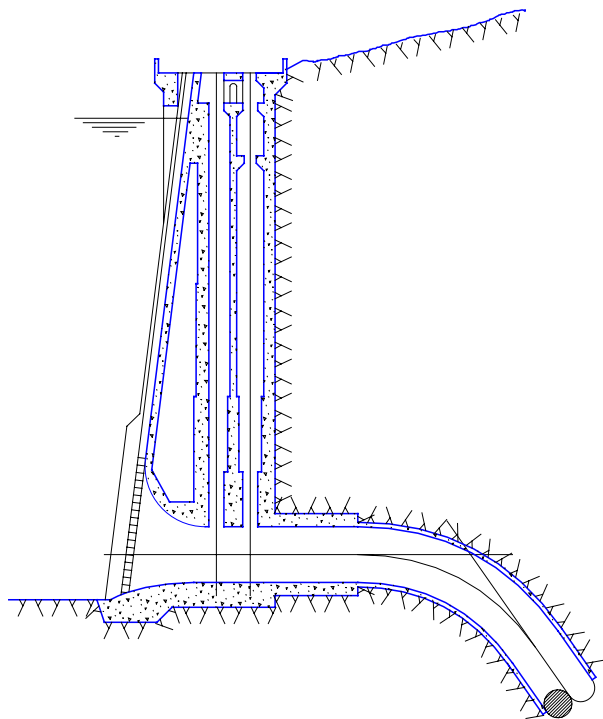


Figura 5.5.2.07 – Tomada d'água tipo gravidade aliviada.

O último tipo, *integrado à casa de força*, é recomendado para aproveitamentos equipados com turbinas tipo Bulbo (Figura 5.5.2.08) ou Kaplan (Figura 5.5.2.01) com caixa semi-espiral de concreto. Devem ser consideradas, neste tipo de estrutura, comportas tipo vagão com rodas a montante das turbinas (Kaplan) ou a jusante (Bulbo).

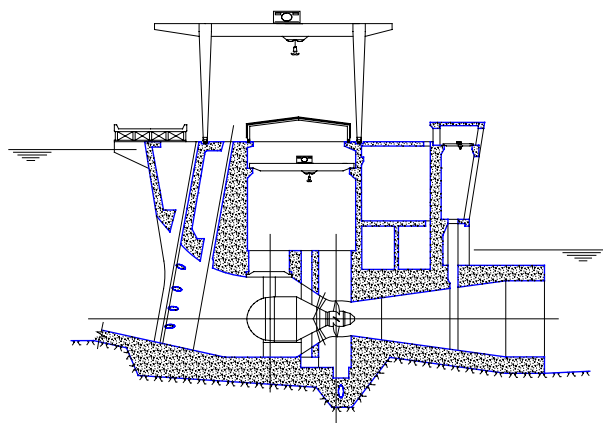


Figura 5.5.2.08 – Tomada d'água integrado à casa de força.

Concepção e Recomendações

A tomada d'água do tipo gravidade em aproveitamento com casa de força situado ao pé da barragem tem sua localização definida em função da posição da casa de força. Em aproveitamentos com canal de adução longo, a tomada d'água é deslocada o mais a jusante possível sobre o traçado da adução, alongando o canal e encurtando o conduto. A tomada d'água deve ser equipada com uma única comporta por unidade do tipo vagão com rodas, situada próximo à face de montante da estrutura, imediatamente a jusante da transição de entrada.

A tomada d'água do tipo gravidade aliviada, é posicionada sobre o traçado da adução no ponto em que se pode escavar o túnel (recobrimento de rocha de pelo menos três diâmetros).

Em qualquer desses dois tipos de estrutura evita-se, em estudos de inventário, otimizações do tipo:

- Estreitamento na área da comporta com simultâneo aumento na altura para diminuir volume de concreto e custo das comportas.
- Colocação de pilares intermediários na entrada para diminuir o custo das grades e/ou comportas.

A posição da tomada d'água do tipo integrada à casa de força é, naturalmente, definida pela colocação desta. Esse tipo de tomada, para casa de força equipada com turbinas Bulbo, poderá ser concebida sem pilar intermediário ou com um pilar para diminuir o vão das comportas ensecadeiras no caso de vazões turbinadas altas. As comportas de emergência são colocadas no tubo de sucção. Para turbinas Kaplan poderão ser colocados um ou dois pilares.

A altura da estrutura deverá ser a menor possível, atendendo ao critério de submergência e respeitando a elevação da fundação. A submergência mínima é determinada conforme Gordon (1970), que recomenda uma expressão em função da velocidade da água na comporta, da altura da comporta e da forma do canal de adução.

A posição da comporta, qualquer que seja o tipo da tomada d'água, deverá ser prevista com uma submergência mínima, entendida como sendo a distância vertical mínima entre a aresta horizontal superior da seção da comporta e o nível d'água mínimo normal do reservatório. A altura de submergência objetiva eliminar ou minimizar a formação de vórtices.

Logo a montante do plano das comportas deverá ser prevista a colocação de comportas ensecadeiras com as mesmas dimensões.

Critérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Os procedimentos para o dimensionamento da tomada d'água são descritos no item 5.7.6. – Tomada d'água e adutoras – Tomada d'água tipo gravidade. Utilizar as planilhas 576TG.xls, 576TKC.xls, 576TB.xls para dimensionamento, quantificação de volumes e estimativa de custos de tomadas d'água do tipo gravidade, integrada à casa de força equipada com turbina Kaplan com caixa semi-espiral de concreto e com turbinas Bulbo, respectivamente.

A tomada d'água para túnel de adução deverá ser dimensionada com os mesmos critérios utilizados na tomada para túnel forçado.

Para fins de estimativa da quantidade de serviços nas planilhas eletrônicas, a área da tomada d'água é definida pelas extremidades das estruturas de concreto, limitada a jusante pela face externa da parede.

O volume de concreto é obtido de uma curva teórica da COPEL (1980), em função da altura da estrutura e do diâmetro do conduto ao qual está ligada a tomada. Os volumes de concreto para tomada d'água dos tipos gravidade e gravidade aliviada, de mesma altura e diâmetro, são considerados equivalentes. Admite-se que o volume do contraforte da tomada d'água do tipo gravidade aliviada compense o aumento de volume, devido ao maior espaçamento entre as unidades.

Não se recomenda o dimensionamento das grades de proteção da tomada d'água. Adota-se neste Manual uma velocidade baixa o suficiente, em torno de 1,0m/s, para manter a perda de carga em níveis aceitáveis na seção das grades.

Nas tomadas d'água com até 10 unidades, deverão ser previstas duas comportas ensecadeiras para permitir o fechamento simultâneo de duas unidades. Para as demais unidades, deverão ser previstos somente guias e peças fixas. No caso de tomadas d'água com mais de 10 unidades, deverá ser prevista a possibilidade do fechamento simultâneo de três unidades.

O guindaste para operação das comportas ensecadeiras da tomada d'água é normalmente do tipo pórtico rolante, correndo sobre trilhos fixados no coroamento da estrutura. Dever-se-á prever um pórtico rolante independentemente do número de unidades. Quando o arranjo permitir a utilização do mesmo pórtico rolante para operação das comportas ensecadeiras do vertedouro, dever-se-á prever um único equipamento. A capacidade do guindaste é definida em função do maior peso a ser manipulado e o custo deverá ser alocado na estrutura com comporta ensecadeira mais pesada.

CONDUTOS ADUTORES (CONTA .12.19.32)

Os condutos adutores podem ser externos (fibra de vidro, concreto, aço, entre outros) ou subterrâneo (em túneis) e funcionam sempre em baixa pressão.

Os casos de aproveitamentos com conduto adutor externo só se aplicam, em condições normais, para vazão turbinada máxima e pressões muito baixas, que não requeiram espessuras muito grandes do material de revestimento.

O presente Manual apresenta critérios e procedimentos de dimensionamento apenas para túneis adutores.

Concepção e Recomendações

Pode ser admitida a alimentação de mais de uma unidade geradora pelo mesmo túnel de adução.

O traçado do túnel de adução depende da topografia, da geologia local e da configuração do arranjo geral. O traçado deve procurar encaminhar a diretriz até o ponto de início do conduto forçado, através de trechos retilíneos, aproveitando as áreas de máxima cobertura, minimizando o comprimento total e procurando evitar zonas de falhas identificadas no reconhecimento geológico geral. Entretanto, em função do comprimento e do método construtivo, é conveniente orientar o traçado de modo a permitir a abertura de janelas intermediárias, para efeito de construção, de modo a otimizar a distância de transporte do material escavado.

O perfil longitudinal do túnel deverá ser, em princípio, quase horizontal, com declividade de 0,5%, e a seção transversal em arco retângulo.

O limite da velocidade média do escoamento permitido dependerá da consideração ou não do uso do revestimento de concreto nos túneis.

O diâmetro da seção de escavação deverá ser de no mínimo 3,0m e de no máximo 15,0m. Em adutoras com diâmetro superior ao máximo, dever-se-á aumentar a velocidade média do escoamento até o limite, e, se necessário, revestir com concreto projetado para elevar o limite de velocidade, ou acrescentar o número de túneis. Caso o diâmetro resulte em valores inferiores ao mínimo, poder-se-á diminuir a velocidade média para manter esse limite ou avaliar a substituição de um trecho por canal ou por conduto externo.

Crítérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Os procedimentos para dimensionamento dos túneis adutores são descritos no item 5.7.6 – Tomada d'água e adutoras – Túnel de adução. Dever-se-á utilizar a planilha 576CA.xls para dimensionamento, quantificação de volumes e estimativa de custos.

A partir da vazão máxima total e da adoção de velocidade média de escoamento é calculado o diâmetro do túnel, as perdas de carga e volumes de obras.

Se as informações geológicas indicarem que o túnel será provavelmente escavado em rocha de boa qualidade – e que a cobertura em rocha será maior que a altura de pressão, a seção deverá ser considerada sem revestimento. Nos seguintes casos, o túnel deverá ser revestido:

- Nos trechos em que a cobertura em rocha for maior que 50% da altura piezométrica, o revestimento deverá ser em concreto projetado, com 7,5cm de espessura média.
- Nos trechos em que a cobertura em rocha for menor que 50% de altura piezométrica ou as condições geológicas não forem boas, o revestimento deverá ser em concreto estrutural, com as espessuras definidas em função do diâmetro, pressão de serviço e características geológicas.

Para diâmetros superiores a 5m e se houver trechos do túnel em que a cobertura é menor que três vezes o diâmetro interno do túnel, dever-se-á prever a aplicação de chumbadores ou tirantes.

As perdas de carga devido a singularidades e curvas são determinadas em função do número e do tipo das mesmas.

CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO (CONTA .12.19.33)

Chaminés de equilíbrio têm a finalidade de estabilizar as variações de pressão resultantes de variações parciais ou total da vazão turbinada nas situações de partida, variações de carga ou rejeição de carga da unidade geradora.

Concepção e Recomendações

Nos aproveitamentos com túnel de adução, deverá ser prevista a construção de uma chaminé de equilíbrio, na seção terminal do túnel, sempre que:

$L_{ca} \geq 6 H_{b1}$ Em usinas com menos de 100 MW instalados

$L_{ca} \geq 4 H_{b1}$ Em usinas com mais de 100 MW instalados

sendo L_{ca} o comprimento do túnel de adução a montante da chaminé e H_{b1} a queda bruta máxima.

Se o arranjo da usina com derivação em túnel exigir uma chaminé de equilíbrio, esta deverá localizar-se na extremidade de jusante do túnel de adução. Nos estudos de inventário não é necessária a concepção de estruturas complexas para a chaminé, bastando considerar soluções simples, como a apresentada na Figura 5.5.2.09, que permitam a obtenção dos volumes de escavação e concreto, que são determinantes do custo. Isto significa que, preferencialmente, deverão ser consideradas chaminés escavadas em rocha e revestidas de concreto.

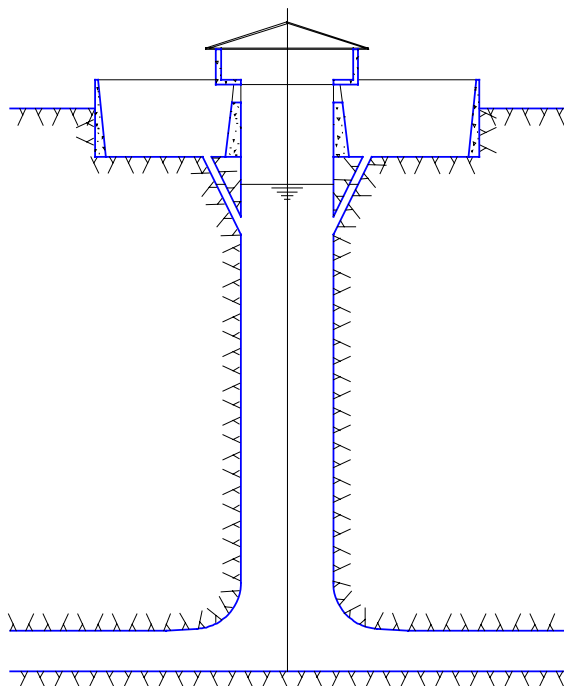


Figura 5.5.2.09 – Chaminé de equilíbrio.

Os condutos forçados, a jusante da chaminé de equilíbrio, poderão ser externos ou subterrâneos.

Quando o nível d'água na chaminé ultrapassa o topo da rocha, admite-se a colocação de um muro de concreto, com uma espessura de 1,0 m na parte superior.

A cota do fundo da chaminé deverá ser inferior à cota da soleira da tomada d'água.

Critérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Os procedimentos para o dimensionamento da chaminé de equilíbrio são descritos no item 5.7.6. – Tomada d'água e adutoras – Chaminé de equilíbrio. Dever-se-á utilizar a planilha 576Ch.xls para dimensionamento, quantificação de volumes e estimativa de custos.

A partir dos dados básicos obtidos do dimensionamento do túnel de adução e níveis de água definidos anteriormente, é calculada a área da seção transversal da chaminé de equilíbrio, a altura e a oscilação do nível d'água na mesma.

Recomenda-se determinar a área da seção transversal mínima necessária de uma chaminé de equilíbrio pela fórmula de Thoma e adotar uma área 25% maior para garantir a estabilidade da oscilação.

O volume de escavação em rocha deve ser calculado considerando-a como subterrânea.

Fixou-se a borda livre da chaminé em 1m.

A espessura do revestimento de concreto na parte escavada em rocha dependerá do diâmetro da chaminé de equilíbrio.

Dever-se-á prever limpeza de fundação em toda a área de contato entre concreto e rocha e furos para injeções de contato e consolidação na área revestida.

CONDUTOS FORÇADOS (CONTA .12.19.34)

Conduto forçado é a estrutura que liga a tomada d'água à casa de força funcionando sob pressão.

Os condutos forçados podem ser externos ou em túneis. A seleção pelo tipo de conduto, dependerá da topografia local, das condições geológicas e custos da solução sugerida.

Concepção e Recomendações

Conduto forçado é, em geral, a estrutura que permite maior nível de otimização. Recomenda-se, como regra geral, conceber arranjos que resultem em condutos curtos.

As válvulas hidráulicas deverão ser incorporadas ao circuito hidráulico de geração nas seguintes situações:

- Quando for necessário isolar individualmente cada unidade geradora, nos casos onde um único conduto forçado alimenta mais de uma turbina.
- Quando não for aconselhável o freqüente esvaziamento total de túneis/condutos de adução de longo comprimento para a realização de intervenções de manutenção na unidade geradora.

Em aproveitamentos de alta queda, em geral acima de 250m ou com túnel de adução e/ou condutos forçados longos, em geral maiores que três vezes a queda bruta máxima, pode ser necessária uma válvula de emergência, localizada dentro da casa de força, logo a montante da turbina.

No caso de condutos forçados externos com vazão turbinada máxima de cada unidade geradora considerável deverá ser prevista uma única unidade por conduto.

Os condutos externos poderão ter sua conformação adaptada à topografia, respeitadas as restrições geológicas. Em que pese não haver impedimentos quanto à quantidade de deflexões verticais e horizontais – pontos de mudança de direção do fluxo – recomenda-se diminuí-las ao máximo por aumentarem

as perdas de carga e por exigirem blocos de ancoragem, estruturas de concreto fortemente armadas e chumbadas na rocha, com o objetivo de tornar o conduto estável. Como a metodologia apresentada neste Manual não contempla o dimensionamento de blocos de ancoragem para mudanças de direção horizontal, dever-se-á considerar este como tendo um volume igual ao de um bloco dimensionado para deflexão vertical.

No caso de túneis forçados é usual aduzir mais de uma unidade geradora com um túnel, instalando bifurcação ou trifurcação logo a montante das turbinas. Em casos onde a vazão turbinada máxima total é baixa, é comum adotar um único túnel até o repartidor. Recomenda-se um diâmetro após a bifurcação, tal que mantenha a mesma velocidade anterior à bifurcação.

O túnel pode ter seu perfil definido independentemente da topografia, desde que respeitadas as condições geológicas. É usual, no entanto, que seja composto de três trechos retilíneos, sendo dois extremos horizontais e um intermediário inclinado a cerca de 40°.

O túnel tem seção transversal circular e é revestido com concreto tendo, adicionalmente, um revestimento metálico no trecho final. É usual que esse trecho metálico fique sobre berço de concreto e o túnel tenha um diâmetro 2 m maior para permitir inspeção e manutenção. Entretanto, a planilha eletrônica 576TF.xls mantém o mesmo diâmetro e preenche o vazio com concreto.

Critérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Os procedimentos para dimensionamento dos condutos forçados externos ou túneis forçados são descritos no item 5.7.6 – Tomada d'água e adutoras – Condutos forçados. Utilizar a planilha 576TF.xls para dimensionamento, quantificação de volumes e estimativa de custos de túneis forçados e 576CF.xls de condutos forçados externos.

O diâmetro interno dos condutos forçados, externos ou em túneis na parte blindada, deverá ser determinado conforme Sarkaria (1979) a partir da potência unitária da turbina e dos níveis de montante e jusante.

Para atender à restrição de sobrepressão máxima no conduto forçado, externo ou túnel, e sobrevelocidade máxima admitida na unidade geradora e GD^2 associado, poderá ser necessário aumentar o diâmetro do conduto, situação em que o diâmetro foge do sugerido por Sarkaria.

Admite-se que essa sobrepressão dinâmica máxima resultante do fechamento brusco do distribuidor da turbina seja de no máximo 30% da queda bruta máxima, admitindo-se, ainda, que esta sobrepressão ocorra junto à turbina, com variação linear até a tomada d'água ou chaminé de equilíbrio.

A seguir, são determinados a velocidade média do escoamento, o comprimento de cada trecho, a sobrepressão, as perdas de carga, a espessura da chapa metálica e o volume de obras.

A perda de carga é determinada de forma simplificada. As perdas localizadas são determinadas como um percentual da altura de velocidade e a contínua pela fórmula de Manning.

Deverão ser adotados os seguintes critérios para seleção do tipo de válvula, na faixa de aplicação comum às válvulas dos tipos borboleta e esférica (diâmetro nominal $\leq 3,0$ m e pressão de projeto – altura estática + sobrepressão – entre 200 e 300 m.c.a):

- Diferença de custo entre as duas opções: Em princípio, a esférica terá sempre maior preço do que a borboleta equivalente.
- Perda de carga localizada: Em princípio, a borboleta apresenta uma perda de carga maior quando comparada com a esférica equivalente.
- Segurança: Garantia contra estanqueidade.

Dever-se-á admitir a válvula borboleta com diâmetro igual ao do conduto forçado e a esférica com diâmetro igual ao da entrada da caixa espiral.

Adotou-se raio de curvatura dos condutos forçados igual a quatro vezes o diâmetro interno do conduto.

Em condutos forçados externos, o primeiro e último trecho deverão ser horizontais e ter um comprimento mínimo suficiente para concordar a curva. O primeiro trecho poderá ter uma inclinação pequena caso o conduto tenha sido concebido com cinco trechos com diferentes inclinações verticais.

A metodologia foi desenvolvida para o dimensionamento de condutos com 4 trechos, mas pode ser utilizada em condutos com três ou cinco trechos:

- em condutos com três trechos – tipo compacto clássico, um trecho inclinado a 45°, por exemplo, e dois curtos para a concordância das curvas na tomada d'água e na casa de força – utiliza-se a planilha considerando os trechos 2 e 3 com mesma inclinação e fixando o comprimento do trecho 2 em 1m.
- Em condutos compridos com cinco trechos, utiliza-se a planilha eliminando o primeiro trecho horizontal e começando pelo trecho inclinado, que deverá ter uma pequena inclinação, menor que, por exemplo, 7°.

Para fins de cálculo de volumes de obras, dever-se-á considerar o conduto forçado como limitado a montante pela face externa da parede de jusante da tomada d'água.

Os volumes de escavação comum e de escavação em rocha a céu aberto deverão ser determinados a partir do arranjo e de informações geológicas.

Dever-se-á prever limpeza de fundação em toda a área de fundação dos blocos de concreto.

Os blocos de apoio deverão ter espaçamento médio de 1,6 vezes o diâmetro do conduto.

A metodologia para determinação dos volumes de concreto nos blocos de ancoragem foi definida para usinas de médio porte, com diâmetros entre 4 e 8m. Para diâmetros menores, o volume poderá ficar superdimensionado.

A pressão relativa no interior de todo o conduto deverá ser positiva para evitar o colapso. Dever-se-á fazer essa verificação considerando a linha piezométrica mínima, que é obtida admitindo uma subpressão máxima negativa a partir do nível d'água mínimo do reservatório. Essa situação ocorre quando da abertura brusca do distribuidor com reservatório em seu nível mínimo.

As espessuras das chapas metálicas deverão ser determinadas para resistir à pressão dinâmica máxima.

A relação entre os diâmetros do túnel forçado nas partes blindada e revestida com concreto é definida admitindo a mesma perda de carga contínua por metro de comprimento. O resultado é um diâmetro interno na parte revestida com concreto 10% maior.

O volume de escavação subterrânea em rocha é estimado incluindo a seção de concreto. Não há necessidade de se dimensionar ou prever galerias de drenagem.

Dever-se-á prever limpeza de fundação em toda a área de contato entre concreto e rocha, além de injeções de contato e consolidação.

A espessura do revestimento de concreto é definida em função do diâmetro interno do túnel, das condições geológicas e da carga hidrostática média.

Dever-se-á prever adicionalmente blindagem em aço nas partes em que o recobrimento de rocha for menor que 70% da pressão estática acrescida da sobrepressão máxima. As espessuras do revestimento de aço deverão ser determinadas da mesma forma que para condutos externos, porém supondo que a blindagem resista à metade da pressão dinâmica máxima. Essa forma conservadora foi adotada na planilha.

CASA DE FORÇA (CONTA .11.13)

A casa de força é classificada, de acordo com o arranjo geral do aproveitamento, em:

- Subterrânea (Figura 5.5.2.10).

- Externa.

E, de acordo com sua superestrutura, em:

- Abrigada: quando possui superestrutura completa e cobertura permanente. a movimentação das peças pesadas é feita através de ponte rolante (Figura 5.5.2.11).
- Semi-abrigada: quando a superestrutura tem altura suficiente para operação de uma ponte rolante auxiliar. A movimentação das peças pesadas é feita com pórtico rolante externo através de coberturas móveis (Figura 5.5.2.12).
- Aberta: quando não possui superestrutura. O pórtico rolante opera no nível do piso do gerador e os equipamentos são protegidos por coberturas móveis (Figura 5.5.2.13).

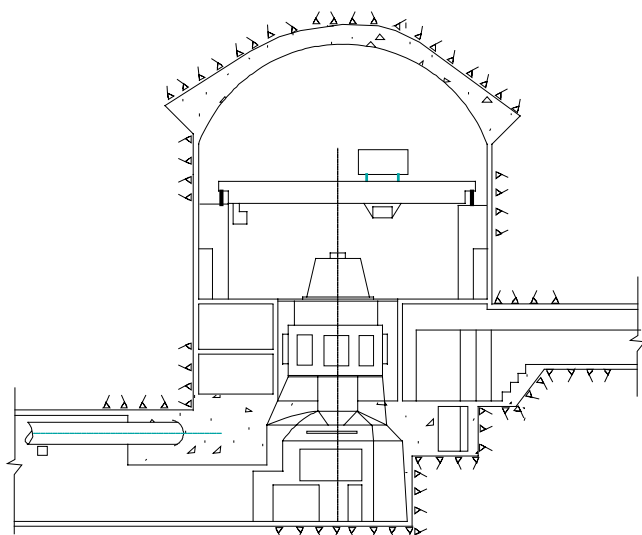


Figura 5.5.2.10 – Casa de força subterrânea – Seção típica.

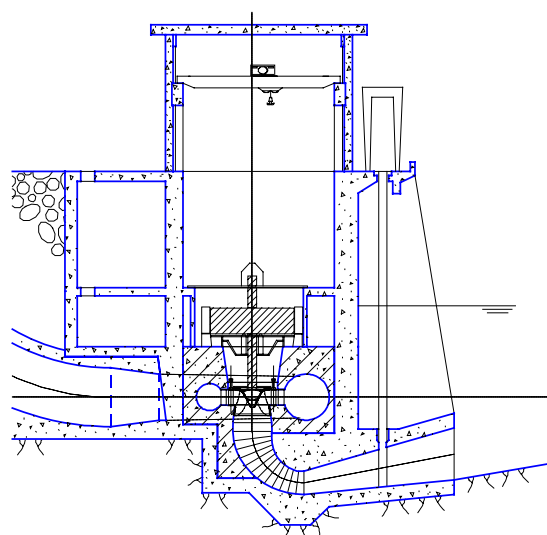


Figura 5.5.2.11 – Casa de força abrigada – Seção típica.

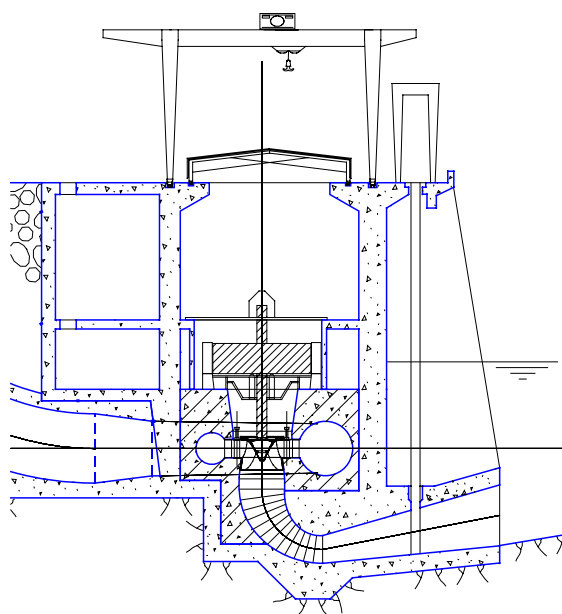


Figura 5.5.2.12 – Casa de força semi-abrigada – Seção típica.

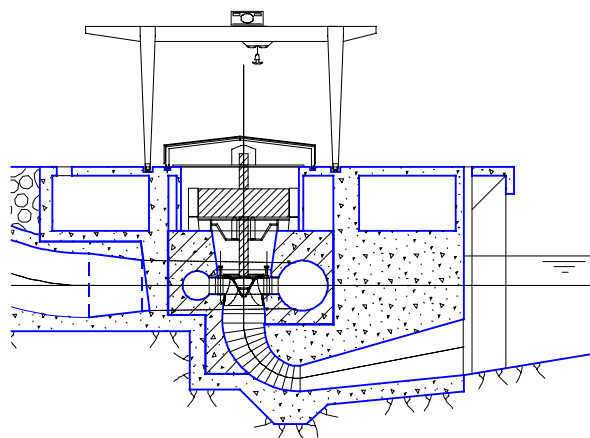


Figura 5.5.2.13 – Casa de força aberta – Seção típica.

Concepção e Recomendações

O tipo de superestrutura, que determina o da casa de força, a ser adotada depende basicamente do arranjo da unidade geradora, da variação do nível de água do canal de fuga, do tipo de turbina selecionado, das condições climáticas na região, dos custos, dos acessos, da solução para a saída das linhas de transmissão, da facilidade de construção e de manutenção.

Para efeito dos Estudos de Inventário, será considerada a utilização dos seguintes tipos de *turbina*: Bulbo, Kaplan, Francis Horizontal e Vertical e Pelton, com potências unitárias variando entre 5 MW e o limite de aplicação de cada tipo conforme indicado no Gráfico 5.7.2.01 (item 5.7.2).

Os pontos plotados no Gráfico 5.7.2.01 representam os limites da experiência atual de aplicação de turbinas dos tipos Bulbo, Kaplan, Francis Horizontal e Vertical e Pelton para potências unitárias superiores a 5 MW. As curvas envoltórias para cada tipo de turbina definem um campo de aplicação ou indicam o limite a ser respeitado para utilização deste Manual, seja ele tecnológico para fabricação ou físico para transporte.

Quando o valor da queda líquida permitir a seleção de mais de um tipo de turbina, a decisão deverá ser tomada levando em conta os diversos aspectos de implantação e operacionais existentes e os custos e benefícios associados a cada alternativa.

Na ausência de melhores dados recomenda-se dar preferência pela utilização de turbinas Francis, no seu campo de aplicação, em detrimento das turbinas do tipo Kaplan e Pelton. Da mesma forma, deverá usar preferencialmente as turbinas Bulbo em lugar das turbinas Kaplan, sempre que os aspectos de produtividade e o custo global de implantação (custos civis mais eletromecânicos) forem favoráveis à escolha da Bulbo.

A localização da casa de força é normalmente estabelecida visando o aproveitamento total da queda disponível.

As turbinas deverão ser posicionadas, em relação ao nível d'água mínimo do canal de fuga, de forma a minimizar os efeitos da cavitação sem acréscimo significativo no custo da casa de força. Para isto, deverá-se adotar o valor da altura de sucção – distância entre a linha de centro do distribuidor e o nível d'água mínimo do canal de fuga, conforme indicado na Figuras 5.7.2.05, 5.7.2.07, 5.7.2.11, 5.7.2.14, 5.7.2.17 (vide fórmula para cálculo do σ e h_s).

Para aplicações compatíveis com os limites de aplicação deste Manual, não foi previsto o emprego de multiplicadores de velocidade.

A posição das galerias de serviços depende do tipo de casa de força e do arranjo geral. O posicionamento das galerias a montante da casa de força, sobre os condutos forçados, é uma solução convencional.

Deverá ser previsto um sistema de movimentação de cargas através de pórtico e/ou pontes rolantes, destinado principalmente à montagem e manutenção dos equipamentos de geração e com capacidade suficiente para a movimentação da peça mais pesada.

A área de montagem deverá estar situada preferencialmente em uma das extremidades da casa de força, por onde é feito o acesso dos equipamentos. Dever-se-á prever uma área coberta, dentro do raio de ação da ponte ou pórtico rolante, destinada à montagem dos equipamentos, principalmente geradores. Para casas de força com até três unidades, deverá prever uma área destinada à montagem dos equipamentos com dimensão equivalente a um bloco e meio de uma unidade mais a largura necessária à descarga dos equipamentos de maior porte (usinas de grande porte). Para casa de força com quatro ou mais unidades, deverá prever uma largura equivalente a 2,25 blocos de uma unidade.

Critérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Os procedimentos para o dimensionamento da casa de força são descritos no item 5.7.2. – Casa de força. Dever-se-á utilizar as planilhas 572KP.xls, 572FV.xls, 572FH.xls, 572KA.xls, 572KC.xls ou 572B.xls para dimensionamento, quantificação de volumes e estimativa de custos.

O dimensionamento da casa de força e de seus equipamentos é feito a partir do dimensionamento das turbinas – tipo, número e dimensões 0150 –, das características topográficas, das características geológicas, do arranjo geral do aproveitamento e de outras informações específicas.

Deverá ser selecionado somente o número de pólos do gerador apresentado na Quadro 5.7.2.01. É aconselhável consultar fabricantes de geradores, antes de adotar os números de pólos destacados em negrito nesse quadro.

Para turbinas tipo Francis de eixo vertical e com vazão turbinada unitária máxima superior a $20\text{m}^3/\text{s}$ e para demais aplicações de turbinas, se a velocidade inicial for inferior a 300 rpm para sistema em 60 Hz ou 250 rpm para 50 Hz, seleciona-se o número de pólos correspondente à velocidade síncrona imediatamente superior.

Ainda para turbinas tipo Francis de eixo vertical e com vazão turbinada unitária máxima superior a $20\text{m}^3/\text{s}$ ou para turbinas tipo Pelton, se a velocidade inicial for igual ou superior a 300 rpm para sistema em 60 Hz ou 250 rpm para 50 Hz, seleciona-se o número de pólos correspondente à velocidade síncrona imediatamente inferior quando a velocidade calculada estiver no intervalo compreendido entre a velocidade síncrona imediatamente inferior e a velocidade correspondente a 75% da diferença entre a velocidade síncrona imediatamente superior e a velocidade síncrona imediatamente inferior mais a velocidade síncrona inferior. Deste ponto para cima, seleciona-se o número de pólos correspondente à velocidade síncrona imediatamente superior.

Para turbinas tipo Francis de eixo vertical e com vazão turbinada unitária máxima igual ou inferior a $20\text{m}^3/\text{s}$ ou tipo Francis de eixo horizontal, seleciona-se o número de pólos correspondente à velocidade síncrona imediatamente inferior à calculada.

A casa de força externa, para fins de quantificações de serviços, é definida:

- A montante e jusante, pelo seu comprimento.
- Lateralmente, pela sua largura e da área de montagem e adicionalmente por uma área para acesso de veículos pesados.
- Abaixo, pelo fundo do tubo de sucção.

No caso das casas de força subterrâneas, o volume de escavação em rocha é definido:

- A montante e jusante, pelo comprimento do bloco da unidade, incluindo a casa de válvula, quando for o caso.
- Lateralmente, pela largura da casa de força, incluindo a área de montagem e adicionalmente por uma área para acesso de veículos pesados.
- Abaixo, pelo fundo do tubo de sucção.
- Acima, pela altura necessária para operar a ponte rolante.

Ainda para casa de força subterrânea, dever-se-á:

- Prever um espaço para as válvulas.
- Não computar o túnel de acesso nessa conta.

O volume de concreto nas casas de força externas é composto pelos volumes da área de montagem, da casa de força propriamente dita e das galerias de cabos elétricos.

Na ausência de melhores informações, os volumes das casas de força externas poderão ser estimados, conforme segue:

- Volume da casa de força propriamente dita obtido de curva estatística (COPEL, 1981b).
- Área de montagem para casas de força com até 3 unidades, considerar um volume de concreto equivalente à metade do volume do bloco de uma unidade e para as demais casas de força considerar o dobro e mais um quarto.
- O volume de concreto das galerias de serviços está incluído no volume da casa de força, mesmo quando estiver situado a montante da mesma.

O volume de concreto nas casas de força subterrâneas, na ausência de melhores informações, poderão ser estimados, conforme segue:

- Concreto projetado com espessura média de 0,1m nas paredes e abóbada.
- O volume de concreto da área de montagem para casas de força com até três unidades poderá ser considerado como um volume equivalente à metade do volume do bloco de uma unidade e para as demais casas de força o dobro.
- O volume de concreto das galerias de serviços está incluído no volume da superestrutura.
- Para a casa de válvulas estimar um volume correspondente a 10% do volume da infra-estrutura.

Nas casas de força com até 10 unidades deverá ser prevista a possibilidade de fechamento simultâneo do tubo de sucção de até duas unidades por meio de comportas ensecadeiras. Para as demais unidades, deverão ser previstas apenas as guias e peças fixas. No caso de usinas com mais de 10 unidades, deverá ser prevista a possibilidade do fechamento simultâneo de até três unidades.

Para determinação de custos de geradores foram preparados três ábacos, um para geradores para turbinas Bulbo, outro para geradores de eixo horizontal convencional e um último para geradores de eixo vertical. Para que este último ábaco englobasse toda a gama de geradores existentes, introduziu-se mais um parâmetro, torque magnético (λ), e um coeficiente (μ). Os geradores utilizados para o ajuste apresentavam um coeficiente de potência específica entre 6 e 7,5, tendo sido adotado o valor médio de 7,2.

As expressões utilizadas para estimativa de volumes foram estabelecidas para usinas de médio porte, com rotores entre 2,5 e 6m de diâmetro. Para usinas com rotores menores, os volumes poderão ficar superdimensionados.

Em estudos de inventário, não há necessidade de quantificar as instalações e acabamentos (conta .11.13.00.15), sendo o seu custo obtido através de gráfico.

Da mesma forma, não é necessário efetuar o dimensionamento dos equipamentos elétricos acessórios (conta .14) ou determinar a quantidade dos equipamentos diversos (conta .15.00.00.23.31).

CANAL E/OU TÚNEL DE FUGA (CONTA .12.19.35)

Dependendo do tipo de arranjo, a restituição da vazão turbinada ao rio pode ser feita por:

- Canal aberto, quando a casa de força for externa.
- Túnel operando à superfície livre, em casas de força subterrâneas equipadas com turbinas tipo Pelton, necessariamente, ou Francis, opcionalmente.
- Túnel em carga, em casas de força subterrâneas equipadas com turbinas Francis.

Concepção e Recomendações

Quando se trata de usinas do tipo barramento sem derivação ou com derivação curta, o canal de fuga é um canal simples, com fundo quase plano. Quando for necessário canal mais longo, este deverá ser dimensionado para funcionamento com pequena perda de carga.

As restituições da casa de força e vertedouro deverão ser dispostas de tal modo a não interferirem entre si, evitando-se prejuízo para o funcionamento das unidades geradoras provocado pela oscilação do nível de jusante.

O dimensionamento de túneis de fuga é feito levando-se em consideração o nível de água mínimo e máximo no ponto onde o túnel deságua no rio. Poderá ser necessária a provisão de uma câmara de carga no início do túnel de fuga, para amortecimento das variações de pressão decorrentes de manobras na turbina.

Critérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Os procedimentos para o dimensionamento do canal de fuga são descritos no item 5.7.6. – Tomada d'água e adutoras – Canal de fuga. Utilizar a planilha 576Fu.xls para dimensionamento, quantificação de volumes e estimativa de custos.

O dimensionamento da largura e da cota do fundo do canal são obtidos em função da profundidade do escoamento, considerando-se uma velocidade média igual a 1,5m/s.

Para canais de fuga longo, acima de 3km de comprimento, dever-se-á adotar uma velocidade mais baixa, determinar a perda de carga e levá-la em consideração no dimensionamento do canal.

BENFEITORIAS NA ÁREA DA USINA (CONTA .11.12)

Esta conta compreende serviços de obras civis na área da usina, não específicos de outras estruturas, e da vila de operadores como almoxarifados e oficinas, ruas e passeios, sistema de abastecimento de água, de esgoto e de força e luz, tratamento paisagístico e principalmente acessos ligando estruturas, inclusive o que liga a guarita de entrada com a vila. O único item que deverá ser quantificado, em função do arranjo geral, é o acesso, em especial em casas de força subterrâneas.

VILA DE OPERADORES (CONTA .11.14)

A vila de operadores, em estudos de inventário, será considerada como uma parcela do acampamento, seja ela integrada a uma cidade ou construída especificamente para este fim.

5.5.3 Desvio do Rio (Conta .12.16)

GERAL

Para a construção das diversas estruturas é feito o desvio do rio, em uma ou mais etapas, utilizando-se enscadeiras.

A definição do esquema de desvio está ligada ao arranjo geral das obras, na medida em que influencia a sua concepção e é por este condicionada. De modo geral, para um dado local, o esquema de desvio depende, principalmente, dos seguintes fatores:

- Características topográficas da região.
- Características geológicas da área.

- Regime hidrológico do rio.
- Características das obras definitivas a serem construídas, principalmente do tipo e altura máxima da barragem.
- Avaliação dos riscos permissíveis no local e a jusante.

No caso de exigência de descarga mínima a jusante durante o fechamento do rio, dever-se-á prever um dispositivo de vazão residual.

Os tipos de estrutura de desvio são definidos em função das características da barragem, assim, tem-se que:

- Na barragem de concreto tipo gravidade, é conveniente fazer desvio através de adufas pelo corpo da barragem.
- Barragens de terra e enrocamento necessitam de estrutura auxiliar, como galeria, adufas ou túnel.

Os esquemas concebidos deverão ter características conservadoras. Preferencialmente, deverão ser adotadas soluções enquadráveis em um dos seguintes esquemas típicos ou na combinação destes:

Tipo	Esquema
1	Desvio do rio através de túneis escavados em uma das ombreiras, com ensecamento total da área de construção mediante ensecadeiras construídas a montante e a jusante. Fechamento dos túneis feito por meio de comporta (Figura 5.5.3.01)
2	Desvio do rio através de galerias construídas sob a barragem. Fechamento das galerias feito por meio de comporta ou ensecadeiras, dependendo de condições hidrológicas favoráveis (Figura 5.5.3.02).
3	Desvio do rio em várias etapas. Desvio de 1ª fase compreendendo fechamento parcial do rio por meio de ensecadeira longitudinal para construção de obras de concreto – vertedouro, barragem e/ou tomada d'água – na área ensecada. Desvio de 2ª fase através de adufas ou passagens provisórias nas estruturas de concreto, parcial ou totalmente construídas, ao mesmo tempo em que se completa a construção da obra no restante da seção protegida por ensecadeiras de 2ª fase. Fechamento final na estrutura de concreto por meio de comporta ou outros dispositivos (Figura 5.5.3.03).
4	Desvio do rio sobre os topos de blocos alternados de barragem de concreto. Aplicável para vazões pequenas e em obras que comportem este tipo de barragem (Figura 5.5.3.04).

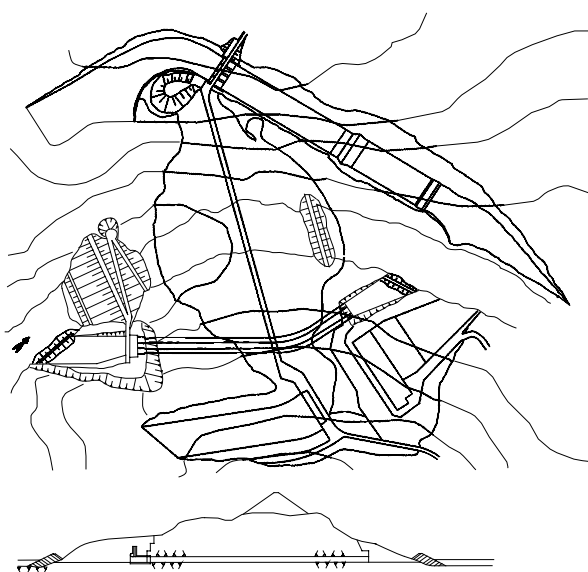


Figura 5.5.3.01 – Desvio do rio através de túneis escavados em ombreira – planta e perfil.

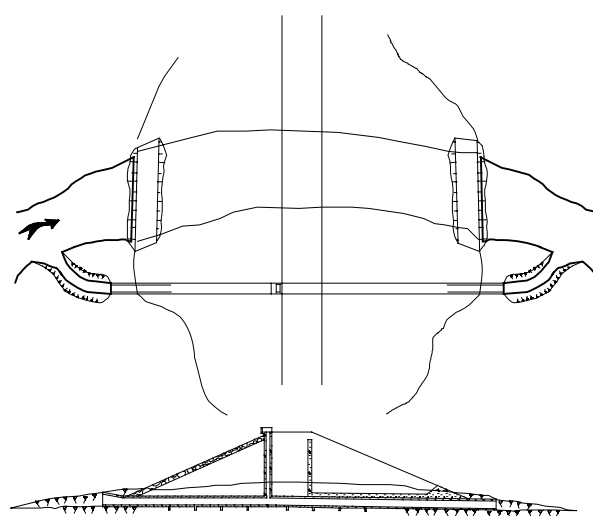


Figura 5.5.3.02 – Desvio do rio através de galeria sob a barragem – planta e perfil.

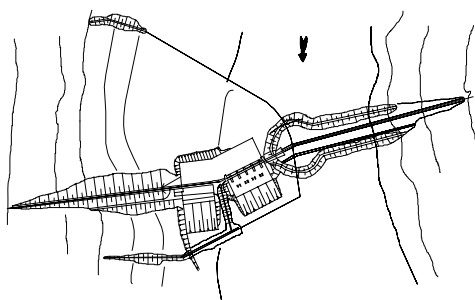
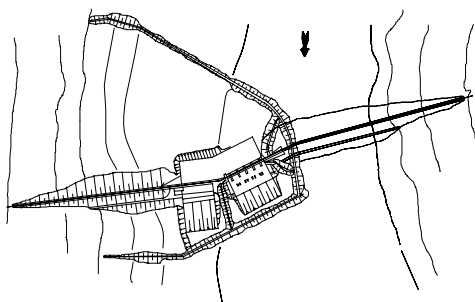


Figura 5.5.3.03 – Desvio do rio por adufas.

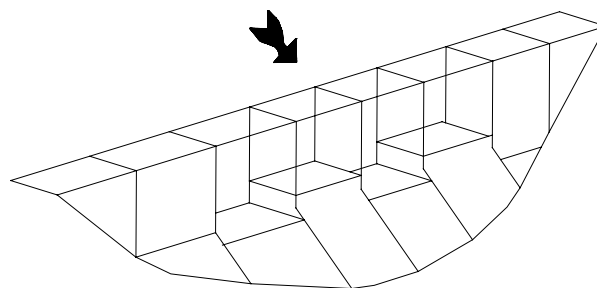


Figura 5.5.3.04 – Desvio do rio sobre topos de blocos rebaixados em barragens de concreto.

TEMPO DE RECORRÊNCIA

As vazões de dimensionamento das obras de desvio deverão ser definidas, para cada etapa, em função do risco de inundação da área ensecada ao longo do tempo em que houver exposição a este risco.

O risco, definido como a probabilidade de inundação durante o período de exposição, deverá ser estabelecido com base nos esquemas de desvio:

Esquema de Desvio	Risco
Através de túneis ou galerias em arranjos com barragens de terra.	3%
Idem, com barragens de enrocamento.	5%
Através de adufas em arranjos com barragens de terra:	
– Primeira etapa: através do estrangulamento do leito rio.	5%
– Segunda etapa: através das adufas.	2%
Idem, com barragem de enrocamento:	
– Primeira etapa: através do estrangulamento do leito rio.	5%
– Segunda etapa: através das adufas.	3%
Quando as estruturas em risco forem em concreto.	10%

Quando os esquemas de desvio resultam na formação de reservatórios provisórios a montante das ensecadeiras e estes possam, por um eventual rompimento das ensecadeiras, gerar ondas de cheia a jusante com risco para áreas habitadas ou instalações e benfeitorias de valor significativo, dever-se-á assumir um risco duas vezes menor.

ENSECADEIRAS (CONTA .12.16.22)

É uma estrutura provisória que permite o ensecamento de determinadas áreas para construção das obras definitivas da usina.

Existem vários tipos de ensecadeira, sendo as mais comuns as de enrocamento, as de terra e enrocamento e as de concreto.

As ensecadeiras utilizadas para o desvio do rio ou para o ensecamento de um trecho de rio são, em sua maioria, de terra ou enrocamento.

Deverão ser consideradas preferencialmente ensecadeiras de terra e enrocamento, mesmo que isto implique acréscimo nos comprimentos dos condutos de desvio. Em casos especiais, onde se considerem exagerados ou pouco realistas os custos associados a esta solução típica, poderão ser consideradas ensecadeiras de outros tipos, como as celulares ou de concreto.

ENSECADEIRAS DE ROCHA E TERRA (CONTA .12.16.22.19)

Concepção e recomendações

Em desvio através de túneis e galerias, são colocadas duas ensecadeiras, uma a montante e outra a jusante da área da barragem, atravessando toda a extensão do vale, como mostram as Figura 5.5.3.01 e 5.5.3.02.

A Figura 5.5.3.05 apresenta uma seção típica de ensecadeira colocada no sentido transversal ao fluxo da água. A manta impermeabilizante fica na face em contato com a água.

O desvio através de estruturas definitivas de concreto admite duas fases. Na primeira, é feito um estrangulamento do leito do rio para a construção da estrutura de desvio – em geral adufas –, e na segunda é fechado o estrangulamento para a construção da barragem, enquanto o rio passa pela estrutura de desvio.

No trecho da ensecadeira de 1ª fase longitudinal ao fluxo, a seção típica deverá ser diferente. Adota-se uma seção como a da Figura 5.5.3.06, em que o manto impermeabilizante fica na parte interna da ensecadeira para evitar a perda do manto pela erosão, e, adicionalmente, na face em contato com a água é colocada uma camada de rip-rap. É de execução mais difícil. Nos demais trechos, e na de 2ª fase, usa-se a ensecadeira da Figura 5.5.3.05.

Muitos arranjos exigem a colocação de ensecadeiras para possibilitar a execução da escavação no canal de aproximação ou de restituição das estruturas de desvio, vertedouros, tomada de água e casa de força.

Detalhes como defletores na saída do canal de desvio não deverão ser considerados.

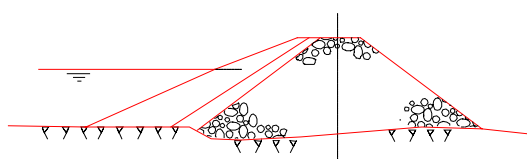


Figura 5.5.3.05 – Ensecadeira transversal ao rio.

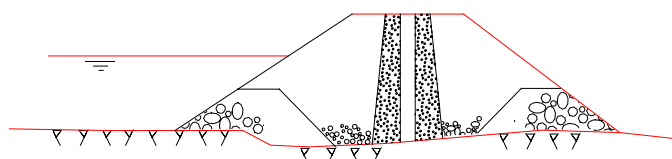


Figura 5.5.3.06 – Ensecadeira longitudinal ao rio.

Critérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Os procedimentos para dimensionamento das ensecadeiras são descritos no item 5.7.3 – Desvio do rio – Ensecadeiras de rocha e terra. Dever-se-á utilizar as planilhas 573ERT12.xls e 573ERT3.xls para dimensionamento, quantificação de volumes e estimativa de custos.

As dimensões da ensecadeira e seus volumes de obras são obtidos a partir do nível d'água durante o desvio do rio, definido anteriormente por ocasião do dimensionamento das estruturas de desvio.

Para qualquer o tipo de desvio, seja através de condutos, galerias ou túneis, as ensecadeiras deverão ter uma borda livre de 2m acima dos níveis d'água máximos.

Dever-se-á descontar do volume da barragem a parcela da ensecadeira a ela incorporada.

As quantidades são obtidas em função da altura média quadrática e do comprimento da ensecadeira, para cada um dos dois tipos de ensecadeira.

REMOÇÃO DE ENSECADERAS (CONTA .12.16.22.21)

Dever-se-á considerar a remoção de ensecadeiras ou de parte delas, quando necessário, para permitir a construção de outras estruturas ou para dar passagem ao rio durante as outras etapas de desvio.

O cálculo da quantidade de remoção poderá ser feito de forma estimada, determinando-se o percentual de remoção pela proporção entre comprimentos dos trechos a remover e o total, ou, de forma mais precisa, adotando a mesma metodologia empregada na determinação das quantidades das ensecadeiras.

Nas ensecadeiras em desvio através de túneis ou galerias, esse serviço de remoção ficará restrito a pré-ensecadeiras de proteção da escavação dos canais de aproximação e restituição do túnel, galeria de desvio ou canais de adução ou fuga.

ESGOTAMENTO E OUTROS CUSTOS (CONTA .12.16.22.22)

O custo do esgotamento dependerá da área a ser ensecada e da duração do período de ensecamento. Na ausência de melhores informações, dever-se-á adotar um valor percentual do custo das ensecadeiras.

TÚNEL DE DESVIO (CONTA .12.16.23)

Os túneis de desvio são empregados nas obras em vales encaixados, quando as condições geológicas são favoráveis e quando a barragem tem uma altura que inviabiliza a construção de um vertedouro do tipo ogiva alta para a colocação de adufas. Em geral, a solução em túnel é mais cara que a em adufas.

Concepção e Recomendações

A Figura 5.5.3.07 apresenta a estrutura típica da entrada de um túnel de desvio.

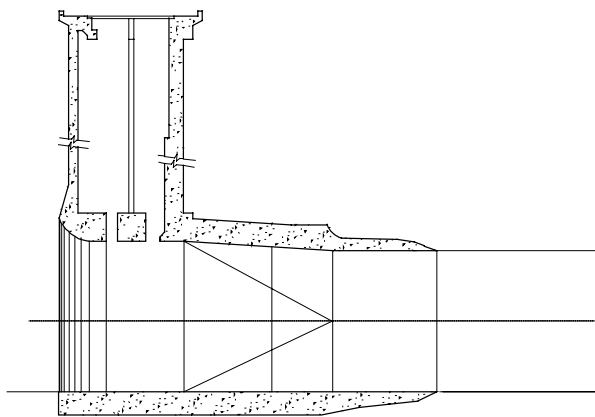


Figura 5.5.3.07 – Estrutura típica de entrada do túnel de desvio.

A concepção do arranjo geral das obras condiciona a *disposição dos túneis* de desvio em uma ou em ambas as ombreiras e a posição do eixo das ensecadeiras a montante e a jusante.

O *diâmetro e o número* de túneis são função da vazão de projeto e do limite da velocidade média do escoamento permitido. Esta, por sua vez, depende da consideração ou não do uso do revestimento de concreto nos túneis. O diâmetro da seção de escavação deverá ser de no mínimo 3,0m e de no máximo 15,0m.

O *espaçamento entre eixos* de dois túneis paralelos deverá ser de, no mínimo, dois diâmetros para boas condições geológicas.

A posição da entrada e saída deverá ser tal que garanta uma *cobertura de rocha* para túnel sem revestimento estrutural, de no mínimo, dois diâmetros, para boas condições geológicas.

Na definição do *perfil*, dever-se-á colocar, de preferência, a saída do túnel afundado o suficiente para trabalhar afogado a jusante para a vazão de projeto do desvio – definir a cota da soleira da saída pelo

menos 95% do seu diâmetro abaixo do nível d'água –, e assim garantir a entrada também afogada, e admitir uma declividade de 0,5%.

No entanto, quando o túnel está situado em trecho de corredeira ou cortando um meandro do rio, a adoção da recomendação acima poderá resultar em estrutura de entrada do túnel (emboque) muito afundada. Neste caso, dever-se-á colocar como restrição de cota mínima um valor em torno de um diâmetro abaixo do nível d'água normal na região de entrada do canal de aproximação.

O nível d'água a jusante é controlado por condições independentes da obra. Para efeito das obras de desvio, este nível deverá ser estimado para a vazão de projeto das referidas obras. Dever-se-á observar que, para a condição de construção da obra após a implantação de outra imediatamente a jusante, o remanso do reservatório desta determinará o nível de restituição. O nível d'água na restituição deverá ser estimado pelo reconhecimento de campo, em função de observações locais, da mesma maneira que se procedeu para os estudos energéticos, nos estudos hidrometeorológicos.

Deverão ser evitadas *curvas*, mas, quando necessárias, dever-se-á defini-las com um raio de curvatura superior a cinco vezes o diâmetro do túnel.

Deverá ser prevista estrutura de concreto na *entrada* para comportar os dispositivos de fechamento dos condutos de desvio e que incorpore a transição correspondente à mudança de seção. Normalmente, não há controle de vazão através das comportas nos condutos de desvio, a não ser em casos especiais, onde os túneis de desvio também têm função permanente, como por exemplo em descarregadores de fundo, ou quando há exigência de manutenção de descarga mínima durante o período de enchimento do reservatório. Nesses casos, a estrutura de controle em geral é instalada no meio do túnel e a estrutura da entrada é meramente uma transição de seção.

O bloco de entrada poderá ser estimado com largura mínima igual a duas vezes o diâmetro por túnel, com altura mínima correspondente à diferença de nível entre a cota do coroamento das ensecadeiras de montante e o piso do canal de aproximação, e com comprimento, no sentido do eixo dos túneis, igual a duas vezes o diâmetro.

Na *saída* (desemboque) é usual prever um portal de concreto com o objetivo de garantir a estabilidade da escavação.

Critérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Os procedimentos para dimensionamento dos túneis de desvio são descritos no item 5.7.3 – Desvio do rio – Túneis de desvio. Deverá ser utilizada a planilha 573TD.xls para dimensionamento, quantificação de volumes e estimativa de custos.

A partir da definição do tipo de revestimento interno e do número de túneis, são determinados o seu diâmetro e a perda de carga total, incluindo-se as perdas contínua, na estrutura de entrada, nas curvas e na saída do túnel, e volumes de obras.

O nível d'água a montante, que determina a altura de ensecadeira correspondente, é igual:

- Ao nível d'água a jusante mais a perda de carga se a saída for submersa.
- À cota da soleira da estrutura de controle mais a carga hidrostática, se a descarga for livre.

As perdas de entrada incluem as perdas hidráulicas nas contrações e mudanças de direção do fluxo, ao entrar no conduto, e outras perdas localizadas, devido à geometria das estruturas de entrada. O coeficiente da perda de carga na entrada depende fundamentalmente da geometria da estrutura. A perda contínua ao longo do túnel deverá ser calculada pela fórmula de Manning, cujo coeficiente depende da rugosidade da parede. Se a geratriz do túnel tiver curvaturas significativas, as perdas correspondentes deverão ser estimadas.

Na saída das obras de desvio, normalmente toda altura de velocidade é dissipada, quer a descarga seja submersa ou livre.

Em casos especiais, onde for prevista uma transição gradual entre o túnel e o rio, a jusante, parte da altura de velocidade poderá ser recuperada, mas não se fará tal consideração na presente versão do Manual.

Normalmente, os túneis utilizados exclusivamente para desvio não são revestidos com concreto estrutural. Nos casos em que os critérios construtivos indicados não possam ser respeitados ou, então, onde a qualidade da rocha for duvidosa, ou ainda, sempre que o diâmetro dos túneis for maior que 8m, deverá ser considerada a aplicação de chumbadores e/ou tirantes na abóbada e concreto projetado.

Para estimativas da quantidade de concreto projetado, cabe considerar toda a superfície, exclusive a soleira. A estimativa do volume de concreto no revestimento é feita em função da espessura real de concreto e comprimento do trecho revestido.

O fechamento dos emboques das estruturas de desvio normalmente é realizado por meio de comportas tipo ensecadeira, uma por abertura, capaz de fechar sob escoamento com auxílio de guindastes gruas de construção. Prever-se-á também uma comporta de emergência para utilização caso ocorram dificuldades no processo de fechamento.

As comportas de fechamento deverão ser dimensionadas para a pior situação de carga sobre elas, que é para o nível d'água máximo normal do reservatório.

CANAL DE DESVIO (CONTA .12.16.24)

O canal de desvio é normalmente um estrangulamento do leito do rio feito com ensecadeiras ou formado pela escavação de um canal propriamente dito, em uma das ombreiras.

Tem, entre outros objetivos, o de desviar o fluxo do rio para permitir a construção de estruturas – parte da barragem, muros, vertedouros e casa de força ou de estrutura de concreto – no leito do rio. Disso resulta um cronograma de construção mais curto e menor investimento.

Concepção e Recomendações

A concepção do arranjo geral das obras condiciona a definição do canal de desvio. A aplicação clássica de um estrangulamento é feita em local com leito do rio bastante largo. A escavação de um canal é empregada onde a largura do rio é insuficiente para se fazer um estrangulamento e onde a construção de uma ensecadeira atravessando o rio, de margem a margem, traz vantagens.

O canal escavado em rocha é, em geral, uma solução adotada em estudos de viabilidade, quando se dispõe de informações mais detalhadas da obra, como, por exemplo, cronograma de construção e disponibilidade de rocha escavada para a estrutura.

Define-se inicialmente o eixo da ensecadeira de 1ª fase, envolvendo a área a ser ensecada. Nesse processo, a largura do estrangulamento, mais que o comprimento, é a dimensão crítica. No caso de canal escavado em uma das ombreiras, a ensecadeira de 1ª fase atravessa todo o rio, e a largura a se analisar é a do canal.

Em estrangulamentos do leito do rio e em canais escavados em solo, convém impor que a seção de controle hidráulico fique localizada na saída, para manter uma velocidade média do escoamento no canal mais baixa e assim diminuir o risco de erosão na ensecadeira ou nos taludes laterais do canal. Garante-se que o controle fique na saída do canal, determinando que essa seção seja a mais contraída ao longo dele, construindo na ensecadeira um promontório reforçado, até mesmo com concreto, se necessário. Em canais escavados em rocha não há essa preocupação.

Critérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Os procedimentos para dimensionamento do canal de desvio são descritos no item 5.7.3 – Desvio do rio – Canais de desvio. Pode-se utilizar a planilha 573C.xls para dimensionamento, quantificação de volumes e estimativa de custos.

A partir da vazão de desvio, largura do canal e cota do fundo do canal na seção de saída é calculado o nível d'água a montante da ensecadeira.

A determinação de níveis d'água junto à ensecadeira de montante e ao longo do canal é feita de forma simplificada. Dever-se-á inicialmente determinar o tipo de regime de escoamento a que o canal está submetido: subcrítico ou supercrítico.

O regime no canal é subcrítico quando a declividade média do fundo do canal é inferior à declividade crítica do escoamento. Nestas condições, o canal pode ou não estar afogado pelo escoamento natural do rio. O canal estará afogado quando a altura de energia no rio em condições naturais for superior à altura de energia dentro do canal para regime uniforme.

Para escoamento controlado na saída do canal, o nível d'água junto à ensecadeira de montante poderá ser considerado como igual à altura de energia crítica na saída acrescida da perda de carga ao longo do canal. O nível d'água ao longo do canal poderá ser admitido como igual ao médio no canal. Esse nível d'água médio também será utilizado para a determinação da perda de carga ao longo do canal.

Para escoamento não controlado pelo canal o nível d'água junto à ensecadeira de montante é o natural na saída acrescentado da sua altura de energia e da perda de carga ao longo do canal. O nível d'água ao longo do canal pode ser admitido como sendo o natural. A perda de carga ao longo do canal é determinada em função de uma profundidade média da lâmina de água no canal.

Para escoamento em regime supercrítico, o nível d'água junto à ensecadeira de montante poderá ser considerado como igual à altura de energia crítica na seção de entrada no canal. O nível d'água ao longo do canal poderá ser admitido como variável entre o nível d'água crítico na entrada e saída.

As larguras do canal de desvio e do rio, para os procedimentos propostos, são médias e não as da superfície livre.

A perda de carga ao longo do canal é determinada pela fórmula de Manning. Para o coeficiente de rugosidade de Manning, dever-se-á adotar um valor médio, contemplando as margens e o leito do rio ou canal, prevalecendo as características do leito do rio.

Os custos associados a canais podem ser significativamente onerados pela necessidade de proteção de taludes contra erosão na seção contraída. Deverão ser considerados os valores limites da velocidade média para as várias situações de terreno e revestimento.

No procedimento de cálculo adotado admite-se seção transversal retangular e com fundo horizontal.

Perfil da Lâmina de Água ao Longo do Canal

Em casos excepcionais, poderá ser necessário determinar o perfil da lâmina de água ao longo do canal com maior acuidade.

Recomenda-se:

- Para regime subcrítico no canal com escoamento não controlado, determinar iterativamente a profundidade em regime uniforme para a mesma energia do regime natural e variá-la com a declividade da linha de energia.
- Para cálculo sob regime subcrítico no canal com escoamento controlado na saída, utilizar o Direct Step Method (Chow, 1959) apresentado a seguir.
- Para regime supercrítico no canal, determinar iterativamente a profundidade em regime uniforme que resulte em declividade da linha de energia igual à declividade média do fundo do rio.

No cálculo do Direct Step Method, é arbitrada a profundidade e determinada a posição da seção, ao invés de se definir a posição da seção e de se determinar a profundidade. A metodologia adotada admite as seguintes simplificações:

- Seção transversal trapezoidal (pode ser retangular).
- Fundo horizontal numa mesma seção.
- Largura uniforme ao longo do canal.
- Declividade do fundo do canal constante ao longo do canal.
- inclinação única dos taludes laterais ao longo do canal e iguais para ambas as margens (deve-se adotar um valor médio geral).
- Coeficiente de rugosidade de Manning único ao longo do canal e igual para ambas as margens e fundo.

Obtém-se o perfil da lâmina de água ao longo do canal em duas partes. Na primeira, determina-se as características do escoamento crítico da seção de partida do cálculo, na saída do canal: a profundidade da lâmina de água (por tentativas, sendo que a precisão não é fundamental), a altura de energia específica e o nível d'água. Na segunda parte, os níveis d'água são determinados sucessivamente de uma seção para outra, de forma aproximada, como segue:

- Arbitra-se uma profundidade para a seção seguinte um pouco maior que a da seção anterior.
- Determina-se a energia específica e a declividade da linha de energia nessa seção.
- Determina-se a declividade média da linha de energia.
- Obtém-se a distância entre essas seções pela razão entre a diferença de energia específica entre as seções e a diferença da declividade do fundo do rio para a declividade média da linha de energia.
- Determina-se a cota do fundo do rio nessa seção.
- Determina-se o nível d'água nessa seção.

Deve-se atender às restrições de velocidade média limite. Se o limite é ultrapassado, diminui-se a velocidade média no canal, aumentando o estrangulamento na seção contraída. A restrição de velocidade na seção contraída é contornada protegendo a superfície com blocos de rocha maiores ou com revestimento de concreto.

GALERIA DE DESVIO (CONTA .12.16.24)

Galeria de desvio é um conduto de concreto, em geral construído com a seção transversal retangular.

As galerias de concreto são indicadas para baixa vazão de projeto do desvio do rio e quando resultam em estruturas de baixo custo. São construídas sob a barragem de terra ou enrocamento e estão associadas a arranjos com vertedouros do tipo de encosta. Independem das condições geológicas.

Concepção e Recomendações

A Figura 5.5.3.08 apresenta a seção longitudinal de uma galeria de desvio sob a barragem.

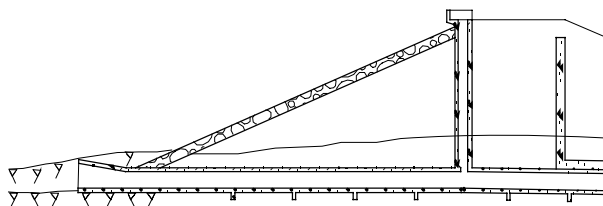


Figura – 5.5.3.08 Galeria de desvio.

O desvio através de galerias de concreto em aproveitamentos de dimensões significativas deverá ser evitado sempre que for possível a utilização de túneis. Esta recomendação é devido ao fato de que a galeria representa, quase sempre, um ponto vulnerável no desempenho da barragem e, portanto, requer estudos elaborados para sua definição e conseqüente eliminação das incertezas nas estimativas de custo correspondentes.

A galeria deverá ser, de preferência, apoiada em fundação rígida. Não sendo este o caso, dever-se-á prever a sua construção em segmentos ligados por juntas de dilatação que têm por objetivo permitir a eventual acomodação da estrutura aos recalques diferenciais.

Quando o dimensionamento das galerias indicar a necessidade de mais de uma unidade, estas deverão ser dispostas preferencialmente lado a lado, de forma a resultar em um bloco único com controle de fechamento individualizado através de comportas dispostas nas estruturas próprias para este fim.

Dever-se-á considerar ainda os seguintes critérios na concepção da galeria de desvio:

- O traçado, em planta e perfil, deverá ser obrigatoriamente, retilíneo.
- A implantação da galeria deverá ser transversal ao eixo da barragem e próxima do fundo do vale, onde se anteveja ocorrência de melhores condições de fundação.
- A construção deverá ser em uma trincheira, e, por esta razão, dever-se-á afastá-la da calha do rio, tanto quanto possível, para minimizar o custo do controle de água durante a sua construção.

Critérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Os procedimentos para dimensionamento da galeria de desvio são descritos no item 5.7.3 – Desvio do rio – Galerias de desvio. Dever-se-á utilizar a planilha 573GA.xls para dimensionamento, quantificação de volumes e estimativa de custos.

O procedimento para dimensionamento consiste em se determinar o número de passagens da galeria e as dimensões necessárias para se escoar a vazão de projeto para uma carga hidrostática desejada, representada pelo coeficiente k_Q .

Define-se inicialmente o número de passagens através de algoritmo (COPEL, 1996) em função de suas dimensões máximas (fixou-se uma largura máxima de 3,3m) e do limite da velocidade do escoamento, e a seguir são obtidas as dimensões da seção transversal da galeria levando em conta a vazão por galeria. Recomenda-se adotar inicialmente o valor de k_Q igual a 3,8. Valores mais altos resultam em galerias de menores dimensões e níveis d'água a montante mais elevados. Quando for desejável alterar o nível d'água de montante, o cálculo pode ser feito de forma interativa, modificando-se o valor de k_Q .

O nível d'água a montante, que determina a altura de ensecadeira correspondente, é igual:

- Ao nível d'água a jusante, mais a perda de carga se a saída da galeria for submersa. ou
- À cota da soleira da galeria, acrescida da carga hidrostática para saída em jato livre.

A perda de carga na entrada, incluindo a perda nas guias, pode ser admitida como sendo 20% da altura de velocidade. A contínua pode ser determinada por fórmula de Manning.

A carga hidrostática a montante das adufas, para saída em jato livre, pode ser estimada a partir de ábaco em função da vazão e das dimensões das adufas, desde que o jato seja livre.

O dimensionamento hidráulico leva em conta os seguintes critérios:

- Seção transversal, por razões construtivas, deve ser retangular, com a altura do retângulo de 1,0 a 1,5 vezes a largura do mesmo (fixou-se uma relação de 1,2).
- Seção transversal mínima de 1,5 x 1,9m.

- Fixou-se o coeficiente k_Q que resulta em uma carga hidrostática a montante da estrutura de quase duas vezes a altura da abertura. e
- Uma velocidade média limitada em 15m/s.

Normalmente, não há controle de vazão através de galerias, a não ser o correspondente ao fechamento final do rio para o caso de exigência de manutenção de descarga mínima durante o período de enchimento do reservatório. A estrutura de controle de vazão é colocada em geral um pouco a montante da crista. Uma alternativa ao controle de vazão é a previsão de um descarregador de fundo no aproveitamento.

Os volumes de escavação são estimados em função da camada de terra e dimensões das galerias (item 5.7.3.).

A estimativa do volume total de concreto é feita em função da espessura e dimensões das galerias, obtidas no item 5.7.3.

ADUFA DE DESVIO (CONTA .12.16.23)

As adufas de desvio são aberturas na forma de condutos retangulares deixados em algumas estruturas de concreto para permitir o escoamento do rio durante a fase de seu desvio.

Concepção e recomendações

Adufas são em geral colocadas no corpo de vertedouro do tipo de ogiva alta ou de barragem de concreto a gravidade. O desvio através de adufas no corpo do vertedouro é recomendado para barragens baixas ou de média altura.

As Figuras 5.5.3.09 e 5.5.3.10 apresentam, respectivamente, a seção longitudinal de uma adufa de desvio em vertedouro de ogiva alta e de adufa em barragem de concreto a gravidade.

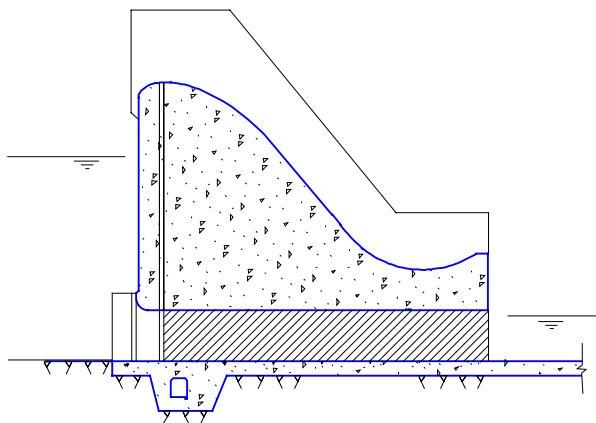


Figura 5.5.3.09 – Seção longitudinal de Adufa de desvio em vertedouro de ogiva alta.

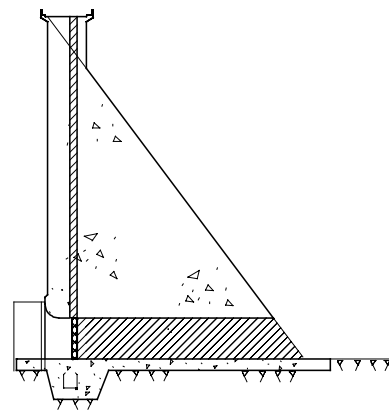


Figura 5.5.3.10 – Seção longitudinal de adufa em barragem de concreto a gravidade.

As adufas podem ser colocadas em estruturas situadas no leito do rio ou em ombreiras.

Em estruturas situadas no leito do rio, pode-se aumentar a *quantidade de aberturas* para se obter enseadeiras mais baixas. Já em estruturas situadas em ombreiras, há necessidade de se levar em consideração que a instalação de adufas normalmente acarreta aumento no volume de concreto e de escavação. Assim, é aceitável a instalação de menor número de adufas com maiores dimensões.

A *cota da soleira* da adufa, em estruturas situadas no leito do rio, é definida em geral pela cota do fundo do rio. Em estruturas situadas em ombreiras, a cota da soleira da adufa deve ser definida levando-se em consideração, dentre outros aspectos, os problemas hidráulicos do fechamento do rio e o custo. Soleira muito mais alta que o nível d'água do rio, no instante do desvio, poderá dificultar o fechamento, dependendo das características do rio, e cotas mais altas de enseadeiras. Soleira muito baixa, por outro

lado, exige escavação extra e colocação de concreto adicional. A definição da cota da soleira da adufa deverá ficar o mais alto possível, considerando-se os dois aspectos acima. Sugere-se que seja inferior ao nível d'água do rio, onde inicia o canal de aproximação, em condições normais, para facilitar o fechamento dele.

O dimensionamento da estrutura depende do regime de escoamento dentro da adufa, que é definido principalmente pela posição dela em relação ao nível d'água no canal de restituição.

A colocação da adufa em uma posição mais alta que o nível d'água resulta, na maioria das vezes, em funcionamento como orifício de parede espessa com descarga em jato livre. Em outros casos, principalmente quando há grande variação do nível d'água do rio, a adufa trabalha afogada na saída.

Critérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Para o caso de adufas de desvio em vertedouro de superfície controlado por comportas, existe uma restrição no que se refere à largura, que é definida pela largura das comportas. Já para vertedouros livres e barragens de concreto, a liberdade para definir as dimensões e quantidade de aberturas é total.

O *nível d'água a montante*, que determina a altura de ensecadeira correspondente, é igual:

- Ao nível d'água a jusante mais a perda de carga se a saída das adufas for submersa.
- À cota da soleira da galeria acrescida da carga hidrostática para saída em jato livre.

A perda de carga na entrada, incluindo a perda nas guias, pode ser admitida como sendo 20% da altura de velocidade. A contínua pode ser determinada pela fórmula de Manning.

A carga hidrostática a montante das adufas, para saída em jato livre, pode ser estimada a partir de ábaco em função da vazão e das dimensões das adufas, desde que o jato seja livre.

A velocidade média do escoamento é limitada em 15m/s. Para atender à limitação na velocidade, pode-se aumentar o número de adufas ou diminuir o coeficiente k_Q .

Todas as *quantidades de serviços de obras civis* relativas às adufas deverão ser alocadas no vertedouro ou barragem.

O *volume de concreto* corresponde ao acréscimo do volume dos pilares a montante do paramento da barragem ou da ogiva e ao desconto do volume das entradas das adufas. Na quantificação do volume de concreto, considera-se que as taxas de cimento e armadura são maiores que as da ogiva do vertedouro. Estes volumes correspondem ao da soleira, dos pilares e uma camada do teto.

Normalmente, não há *controle de vazão* através de adufas, a não ser o correspondente ao fechamento final do rio para o caso de exigência de manutenção de descarga mínima durante o período de enchimento do reservatório. A estrutura de controle de vazão corresponde, geralmente, à transição da entrada. Uma alternativa ao controle de vazão é a previsão de um descarregador de fundo no aproveitamento.

A seguir, são apresentadas as diferenças de critérios e procedimentos de dimensionamento para dois casos de adufas:

- Nos vertedouros de superfície controlados, por comportas.
- Nas barragens de concreto e nos vertedouros livres de superfície.

ADUFAS DE DESVIO NO VERTEDOURO DE SUPERFÍCIE CONTROLADO POR COMPORTAS

Os procedimentos para dimensionamento das adufas de desvio em vertedouros com comporta são descritos no item 5.7.3. – Desvio do rio – Adufas de desvio, cabendo utilizar as planilhas 575COBD.xls e 575COSE.xls para dimensionamento, quantificação de volumes e estimativa de custos.

A metodologia para dimensionamento consiste em se determinar a altura necessária para se passar a vazão de projeto para uma carga hidrostática desejada, representada pelo coeficiente k_Q , uma vez definido o número e a largura das passagens.

O dimensionamento proposto no Manual não impõe a instalação de adufas de desvio em toda a extensão do vertedouro. Procura-se que o número de adufas seja aproximadamente igual a três quartos do número de comportas. Isto é particularmente interessante quando o vertedouro não está totalmente localizado na calha do rio.

Recomenda-se que a relação entre a altura das adufas e a sua largura não ultrapasse 3,1.

A espessura dos pilares entre adufas é a mesma dos pilares do vertedouro e a largura das adufas é igual à metade do vão restante.

A altura da adufa é obtida a partir de algoritmo (COPEL, 1996) levando em conta a vazão por adufa. Recomenda-se adotar inicialmente o valor de k_Q igual a 3,2. Valores mais altos resultam em adufas de menor altura e níveis d'água a montante mais elevados. Quando for desejável alterar o nível d'água de montante, o cálculo poderá ser feito de forma interativa, modificando-se o valor de k_Q .

Para atender à limitação na altura da adufa, pode-se aumentar o número de adufas ou o coeficiente k_Q .

A largura total das adufas para fins de quantificação de volume é igual à soma das larguras das aberturas e pilares, inclusive os extremos.

ADUFAS DE DESVIO NAS BARRAGENS DE CONCRETO OU NO VERTEDOIRO LIVRE DE SUPERFÍCIE

Os procedimentos para dimensionamento das adufas de desvio em barragem de concreto ou vertedouro livre são descritos no item 5.7.3. – Desvio do rio – Adufas de desvio, devendo-se utilizar as planilhas 574CCGAD.xls, 574CCRAD.xls, 57COBD.xls e 575COSE.xls para dimensionamento, quantificação de volumes e estimativa de custos.

Deve-se também considerar a proporção entre altura e largura das adufas em barragens ou vertedouros livres como igual a 2,5.

A metodologia consiste em se determinar o número de passagens e as dimensões necessárias para se escoar a vazão de projeto para uma carga hidrostática desejada, representada pelo coeficiente k_Q , à semelhança de galerias.

Define-se inicialmente o número de passagens através de algoritmo (COPEL, 1996) em função de suas dimensões máximas e do limite da velocidade do escoamento, e, a seguir, são obtidas as dimensões da seção transversal da adufa em barragem de concreto ou vertedouro livre, levando em conta a vazão por adufa. Recomenda-se adotar inicialmente o valor de k_Q igual a 3,2. Valores mais altos resultam em galerias de menores dimensões e níveis d'água a montante mais elevados. Quando for desejável alterar o nível d'água de montante, o cálculo poderá ser feito de forma interativa, modificando-se o valor de k_Q .

5.5.4 Barragens e Diques

SELEÇÃO DO TIPO DE BARRAGEM

Nos arranjos, deverão ser consideradas exclusivamente soluções com barragem de terra, enrocamento, ou concreto, tanto convencional quanto compactado com rolo, tipo gravidade. Outros tipos de barragem, tais como em arco, abóbadas e contrafortes, somente deverão ser utilizados em casos excepcionais, uma vez que o emprego desses tipos depende de informações geológicas mais acuradas, normalmente

não disponíveis nesta fase dos estudos e também por estarem associados a um grau de otimização mais apropriado à fase de viabilidade.

A escolha do tipo de barragem dependerá, principalmente, da existência de material qualificado para sua construção, dos aspectos geológicos e geotécnicos, e da conformação topográfica do local da obra. Outros fatores igualmente importantes para a seleção são:

- Disponibilidade de solo ou rocha: proveniente de escavações requeridas, disponíveis em quantidade e qualidade adequadas, segundo um fluxo compatível com a construção do arranjo proposto.
- Natureza das fundações: barragens de enrocamento e de concreto somente deverão ser colocadas sobre fundação em rocha, enquanto que as de terra poderão ser colocadas em solo.
- Condições climáticas: a existência de períodos chuvosos razoavelmente prolongados onera exageradamente a construção de aterro de solo compactado ou núcleos de argila porque condiciona o progresso da construção.

Um local poderá ser considerado propício para construção de *barragem de terra* homogênea quando o reconhecimento de campo indicar que a rocha se encontra a profundidade grande na área em consideração. Esse tipo de barragem exige menor declividade nos paramentos de montante e jusante e, portanto, resultam mais volumosas. Por isso, é utilizado para pequenas e médias alturas.

O local poderá ser considerado propício para construção de *barragem de enrocamento* com núcleo de argila ou com face de concreto se o reconhecimento de campo indicar, na área selecionada, a existência de rocha sã e de boa qualidade ao longo do eixo a pequena profundidade. Esse tipo de barragem não necessita de condições especiais de fundação. Grandes volumes de escavação em rocha na casa de força, em canais e vertedouros são um bom indicativo para a utilização deste tipo de barragem. Além disso, se existirem períodos chuvosos ou excessiva umidade que prejudique a execução de núcleos de argila, ou a dificuldade na obtenção de material adequado para o núcleo, a solução com face de concreto é mais indicada.

Um local poderá ser considerado propício para construção de *barragem de concreto* quando o reconhecimento de campo indicar, na área selecionada, existência de rocha sã e com compressibilidade pequena ao longo de todo o eixo, por exercerem maiores pressões nas fundações, a pequena profundidade. A estabilidade é garantida principalmente pelos esforços de gravidade. A não ser em casos excepcionais, somente deverão ser consideradas barragens de concreto tipo gravidade maciça.

Dentre as possibilidades de escolha do tipo de barragem, dever-se-á analisar os diversos conjuntos de obras para se chegar à solução mais econômica.

Concepção e Recomendações

A escolha da localização do eixo dependerá do tipo de barragem e da localização das demais estruturas. Em geral, preferem-se seções mais estreitas, principalmente na parte mais profunda do vale. A escolha deverá ser seguida por um reconhecimento de campo para confirmar visualmente a restituição e investigar expeditamente as condições de fundação.

Deverão ser utilizadas nos arranjos as seções típicas padronizadas, apresentadas nas Figuras 5.5.4.01, 5.5.4.02, 5.5.4.03, 5.5.4.04, 5.5.4.05 e 5.5.4.06, uma vez que, em geral, o grau de conhecimento das condições da fundação e do material de construção disponível não permite uma otimização da seção transversal.

De modo geral, dever-se-á procurar balancear as escavações requeridas para as estruturas com as necessidades de rocha e terra para os aterros. Como, entretanto, este equilíbrio depende do fluxo real da construção, poderá haver necessidade de estocagem intermediária ou utilização de jazidas adicionais. Estes fatores originam acréscimos de custo que distorcem as estimativas originais. Por esta razão, é recomendável que o arranjo procure ser flexível, prevendo uma perda da ordem de 20% na utilização do

material das escavações requeridas, conforme o tamanho da obra, em razão de perdas e de utilização da rocha escavada em acessos internos da obra. Adicionalmente, deverá ser considerado o empolamento do material escavado, que pode variar de 25 a 30% para rocha e de aproximadamente 15% para solo.

O tratamento das fundações tem importância especial na avaliação dos custos de barragens de terra e enrocamento, apesar das dificuldades notórias de sua caracterização nos estudos de inventário. Por esta razão, para fins de estimativa de quantidades, os critérios a seguir poderão ser usados como orientação, recomendando-se penalizar, conservadoramente, aqueles casos em que os custos determinados a partir de sua aplicação específica forem considerados insuficientes. Observe-se que estes critérios são apresentados simplesmente para estimativa de custos e não representam, necessariamente, as soluções recomendáveis para casos específicos.

Recomenda-se posicionar as seções, para fins de quantificação de serviços, ao longo do eixo longitudinal da barragem, em singularidades importantes como fundo de selas, topos de morros e margens do leito do rio e, necessariamente, nos pontos de interrupção – por exemplo, tomadas d'água e vertedouros. É importante lembrar que a cota da fundação deve representar o valor médio da seção.

BARRAGENS DE TERRA (CONTA .12.17.25)

Crítérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Os procedimentos para dimensionamento da barragem de terra são descritos no item 5.7.4. – Barragens e diques – Barragens de terra, devendo-se utilizar a planilha 574T.xls para dimensionamento, quantificação de volumes e estimativa de custos, bem como a seção típica apresentada na Figura 5.5.4.01.

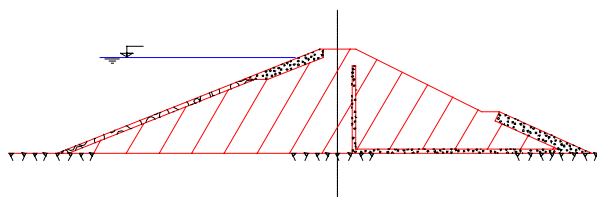


Figura 5.5.4.01 – Seção típica de barragem de terra.

O procedimento de cálculo adotado para a determinação das quantidades de serviços é o das diferenças finitas. Consiste em se determinar as quantidades por trechos, entre duas seções transversais ao eixo da barragem, e a soma final.

Em cada trecho são determinadas as médias, entre as quantidades por metro de barragem nas seções extremas, em função da altura da barragem na seção, e ponderadas pelo comprimento do trecho.

A quantidade de seções ou a distância entre elas pode variar bastante, dependendo do porte da barragem. Recomenda-se definir de 15 a 40 seções e distância média entre seções entre 20m e 100m.

A altura da barragem é definida como a distância entre o coroamento e a fundação, que corresponde à cota média do terreno menos a escavação do solo orgânico.

A borda livre é definida basicamente em função do risco de haver um galgamento e do prejuízo decorrente. O galgamento pode ser provocado por operação inadequada do vertedouro, ou ainda por ondas provocadas por ventos. Critérios mais acurados deverão ser adotados em estudos de viabilidade. Foi adotado o valor de 4,0m para a borda livre.

As inclinações dos taludes de montante e jusante são definidas em função do tipo de material disponível para construção da barragem e da sua altura máxima. Entretanto, foram fixados neste Manual os valores em 3,0H:1V para montante e 2,5H:1V para jusante.

A largura do coroamento da barragem foi fixada em 10m.

A espessura média da camada de terra na área da barragem deverá ser definida a partir de inspeção local nas ombreiras, não necessariamente em toda a extensão da barragem. No leito do rio, em particular, a espessura média poderá ser diferente daquela definida nas ombreiras, sendo até muitas vezes nula.

Admite-se a remoção de uma camada de solo orgânico de 1m. O volume de escavação comum inclui uma faixa de 10m além da base da barragem.

Dever-se-á considerar para efeito de cálculo de volumes, o desconto do volume de ensecadeiras incorporadas à barragem.

A proteção contra erosão do talude de montante é feita com uma camada de enrocamento de proteção (rip-rap), na área correspondente à depleção, até 4,0m abaixo do nível mínimo do reservatório, com espessura de 1,5m. A proteção contra erosão do talude de jusante poderá ser feita com grama em toda a extensão da face de jusante, à exceção da região do pé do talude.

A limpeza de fundação, a menos da remoção do solo orgânico, é prevista somente na base da trincheira quando atinge o topo da rocha sã.

Se o material sobre a rocha for impermeável como, por exemplo, argilas compacta ou siltes finos, praticamente não haverá necessidade de tratamento de fundação além da limpeza superficial.

Se o material sobre a rocha for permeável, dever-se-á prever uma trincheira (*cut-off*) de seção trapezoidal, escavada até o nível da fundação impermeável e preenchida com argila compactada, com profundidade máxima de 15m. Os taludes da escavação deverão ter inclinação 1H:1V e, por razões construtivas, a largura mínima do *cut-off* na base deve ser 6m.

Quando se atingir o topo de rocha sã, o tratamento de fundação incluirá, além da remoção de material solto, escavação de 1,5m e aplicação de uma camada de concreto de regularização com espessura média de 0,5m na base da trincheira.

Se a espessura da camada permeável for maior que 15m deverá ser prevista a colocação de um tapete impermeável a montante e poços de alívio a jusante.

O tapete impermeável a montante deverá estender-se até uma distância igual a 10 vezes a altura da coluna de água do reservatório e ter espessura igual a 10% deste valor. Toda a área abaixo do tapete impermeável deverá ser limpa, da mesma forma que a superfície sob o aterro principal. Os poços de alívio terão profundidade igual à altura da barragem na seção correspondente e serão espaçados de 10m entre si.

Definiu-se o filtro vertical com 2m de largura e o horizontal com 1,5m de espessura.

Outros custos são estimados em função do comprimento da barragem no coroamento.

BARRAGENS DE ENROCAMENTO COM NÚCLEO DE ARGILA VERTICAL E INCLINADO (CONTA .12.17.25)

Critérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Os procedimentos para dimensionamento da barragem de enrocamento com núcleo de argila – vertical ou inclinado – são descritos nos itens 5.7.4 – Barragens e diques – Barragem de enrocamento com núcleo de argila vertical e 5.7.4 – Barragens e diques – Barragem de enrocamento com núcleo de argila inclinado. Dever-se-á utilizar, respectivamente, as planilhas 574ENAV.xls e 574ENAI.xls para dimensionamento, quantificação de volumes e estimativa de custos.

Uma seção típica de barragem com núcleo vertical é apresentada na Figura 5.5.4.02 e, com núcleo inclinado, na Figura 5.5.4.03.

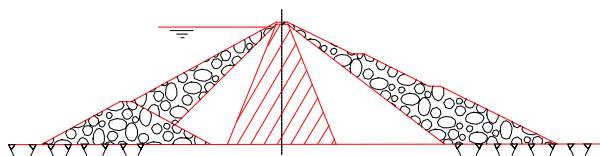


Figura 5.5.4.02 - Seção típica de barragem de enrocamento com núcleo de argila vertical.

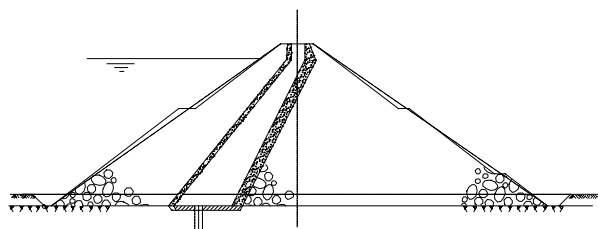


Figura 5.5.4.03 - Seção típica de barragem de enrocamento com núcleo de argila inclinado (UHE Salto Osório).

O procedimento de cálculo adotado para a determinação das quantidades de serviços é idêntico ao descrito anteriormente para barragens de terra, à exceção da distância média entre seções que recomenda-se definir entre 20m e 80m.

A altura da barragem é definida como a distância entre o coroamento e a fundação, que corresponde à cota do terreno menos a escavação do solo orgânico.

A borda livre é definida basicamente em função do risco de haver um galgamento e do prejuízo decorrente. O galgamento poderá ser provocado por operação inadequada do vertedouro, ou ainda por ondas provocadas por ventos. Critérios mais acurados deverão ser adotados em estudos de viabilidade. A tabela abaixo apresenta algumas sugestões de valores da borda livre.

H_{bl} (m)	Para
3,0	Barragem com altura máxima inferior a 20m e reservatório com área inferior a 50km ²
4,0	Demais casos

A inclinação média do talude de montante e jusante, m , é definida em função do material disponível para construção da barragem e da sua altura máxima e variam conforme tabela abaixo.

m	Para
1,3	Barragem baixa e em local de geologia de boa qualidade, e sem bermas intermediárias
1,7	Barragem muito alta e em local de geologia desfavorável, e com bermas intermediárias

A largura do coroamento da barragem foi fixada em 10m.

A espessura média da camada de solo a ser removida na área da barragem deverá ser definida a partir de inspeção local nas ombreiras, não necessariamente em toda a extensão da barragem. No leito do rio, em particular, a espessura média poderá ser diferente daquela definida nas ombreiras, sendo até muitas vezes nula.

Dever-se-á considerar, para efeito de cálculo de volume, o desconto do volume de enscadeiras incorporadas à barragem.

O volume de escavação comum inclui uma faixa de 10m além da base da barragem.

Admitiu-se camada de transição com 4m de largura, e outra de filtro vertical com 2m.

Dever-se-á considerar limpeza completa de toda a área de contato entre o núcleo de argila e a fundação.

Se o reconhecimento indicar a presença de rocha bastante alterada, o tratamento da fundação deverá incluir, além da limpeza da fundação até ser atingido material satisfatório, também a construção de uma trincheira de seção trapezoidal sob o núcleo de argila (*cut-off*) escavada até o nível da rocha sã e preenchida com argila compactada. Os taludes da escavação deverão ter inclinação 1H:1V e a largura na base deverá ser igual a 30% da carga hidráulica sobre a base da trincheira. Por razões construtivas,

a largura mínima da trincheira na base deverá ser 6m, e a profundidade máxima 15m. Deverá ser prevista, adicionalmente, uma cortina de injeção de calda de cimento.

O tratamento de fundação inclui, além da remoção de material solto, uma escavação na rocha com 1,5m de profundidade e aplicação de uma camada de concreto de regularização – concreto dental – com uma espessura média de 0,5m, sob a área do núcleo de argila.

Outros custos serão estimados em função do comprimento da barragem no coroamento.

BARRAGENS DE ENROCAMENTO COM FACE DE CONCRETO (CONTA .12.17.25)

Critérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Os procedimentos para dimensionamento da barragem de enrocamento com face de concreto são descritos no item 5.7.4. – Barragens e diques – Barragem de enrocamento com face de concreto. Dever-se-á utilizar a planilha 574EFC.xls para dimensionamento, quantificação de volumes e estimativa de custos.

Uma seção típica de barragem de enrocamento com face de concreto está apresentada na Figura 5.5.4.04.

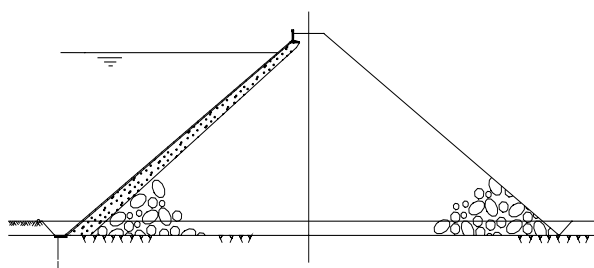


Figura 5.5.4.04 – Seção típica de barragem de enrocamento com face de concreto (UHE Foz do Areia-Governador Bento Munhoz da Rocha).

O procedimento de cálculo adotado para a determinação das quantidades de serviços é idêntico ao descrito anteriormente para barragens de terra, à exceção da distância média entre seções que se recomenda definir entre 20m e 80m.

A altura da barragem é definida como a distância entre o coroamento e a fundação em rocha sã, que corresponde à cota do terreno menos a escavação comum.

A borda livre é definida basicamente em função do risco de haver um galgamento e do prejuízo decorrente. O galgamento poderá ser provocado por operação inadequada do vertedouro, ou ainda por ondas provocadas por ventos. Para este tipo de barragem a borda livre, como nas barragens de terra ou enrocamento com núcleo de argila, é contada somente até o coroamento, não levando em consideração o guarda corpo. Critérios mais acurados poderão ser adotados em estudos de viabilidade. A tabela abaixo apresenta algumas sugestões de valores de borda livre.

H_{bl} (m)	Para
3,0	Barragem com altura máxima inferior a 20m e reservatório com área inferior a 50km ²
4,0	Demais casos

A inclinação do talude médio de montante e jusante, m, é definida em função do material disponível para construção da barragem e da sua altura máxima e variam conforme tabela abaixo.

m	Para
1,3	Barragem baixa e em local de geologia de boa qualidade
1,5	Barragem muito alta e em local de geologia desfavorável

A largura do coroamento da barragem foi fixada em 10m.

A espessura média da camada de terra a ser removida na área da barragem deverá ser definida a partir de inspeção local nas ombreiras, não necessariamente em toda a extensão da barragem. No leito do rio, em particular, a espessura média poderá ser diferente daquela definida nas ombreiras, sendo até muitas vezes nula.

Dever-se-á considerar, para efeito de cálculo de volume, o desconto do volume de enscadeira de jusante quando incorporada à barragem.

O volume de escavação comum inclui uma faixa de 10m além da base da barragem.

A camada de brita tem por finalidade acomodar a laje sobre o enrocamento.

Adotou-se neste Manual um plinto com dimensões médias, válidas para qualquer altura de barragem.

A espessura da laje de concreto aumenta a uma taxa de 0,5m a cada 140m de altura de barragem.

A limpeza de fundação é prevista em toda a área da fundação da barragem, incluindo o plinto.

O tratamento de fundação inclui chumbadores e uma cortina de injeção de calda de cimento ao longo do plinto, além de uma camada de concreto de regularização sob o plinto, que está incluída no concreto.

Outros custos serão estimados em função do comprimento da barragem no coroamento.

BARRAGENS DE CONCRETO A GRAVIDADE (CONTA .12.17.26)

As barragens de concreto são utilizadas, também, como complemento de barragens de terra e enrocamento no fechamento de vales, entre estruturas de concreto ou entre estruturas de concreto e ombreira.

Critérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Os procedimentos para dimensionamento das barragens de concreto convencional ou compactado com rolo são descritos nos itens 5.7.4 – Barragens e diques – Barragens de concreto compactado com rolo e 5.7.4 – Barragens e diques – Barragens de concreto convencional a gravidade. Utilizar as planilhas 574CCG.xls e 574CCGAD.xls (sem e com adufas, respectivamente) para dimensionamento, quantificação de volumes e estimativa de custos das barragens de concreto convencional e as planilhas 574CCR.xls e 574CCRAD.xls (sem e com adufas, respectivamente) para barragens de concreto compactado com rolo.

Se o desvio do rio for através de adufas no corpo da barragem, a estimativa de quantidades de serviços de obras civis deverá levar em consideração os acréscimos devido às adufas, conforme definido no item 5.7.3.

A seção transversal típica para barragem de concreto convencional é apresentada na Figura 5.5.4.05. Para barragem de concreto compactado com rolo, a seção típica é a da Figura 5.5.4.06.

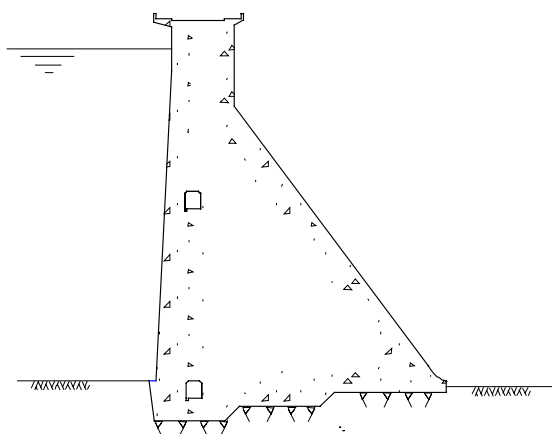


Figura 5.5.4.05 – Seção típica de barragem de concreto convencional.

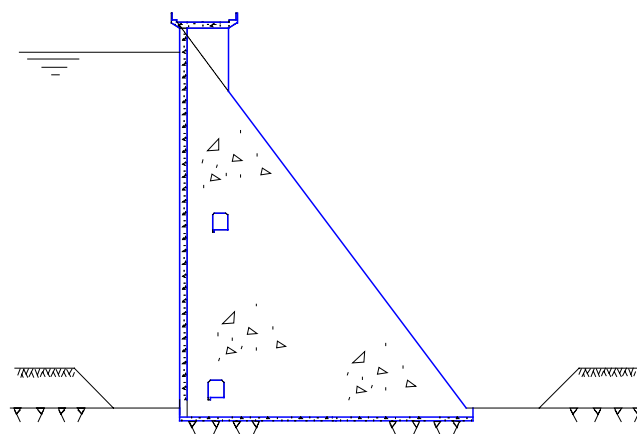


Figura 5.5.4.06 – Seção típica de barragem de concreto compactado com rolo.

O procedimento de cálculo adotado para a determinação das quantidades de serviços também é o das diferenças finitas.

A exemplo dos casos anteriores, em cada trecho são determinadas as médias, entre as quantidades por metro de barragem nas seções extremas, em função da altura da barragem na seção, e ponderadas pelo comprimento do trecho.

A quantidade de seções ou a distância entre elas pode variar bastante, dependendo do porte da barragem. Recomenda-se definir de 15 a 40 seções e distância média entre seções entre 15m e 60m.

A altura da barragem é definida como a distância entre o coroamento e a fundação. O nível da fundação é o resultante da remoção da camada de terra e de uma escavação de 1,5m de profundidade abaixo do topo da rocha .

Em razão dos prováveis prejuízos no caso de um galgamento sobre a barragem de concreto serem de menor envergadura, são assumidos normalmente maiores riscos, adotando-se valores menores de borda livre. A tabela a seguir apresenta algumas sugestões de valores.

H_{bl} (m)	Para
2,0	Barragem com altura máxima inferior a 20m e reservatório com área inferior a 50km ²
3,0	Demais casos

A inclinação média do talude de jusante, m, é definida em função das condições da fundação e variam conforme tabela abaixo.

m	Para
0,75	Barragem em local de geologia de boa qualidade
0,8	Barragem em local de geologia regular

A espessura no coroamento da barragem é de 8m, e a largura do coroamento de 10m.

A espessura média da camada de terra a ser removida na área da barragem deverá ser definida a partir de inspeção local nas ombreiras, não necessariamente em toda a extensão da barragem. No leito do rio, em particular, a espessura média poderá ser diferente daquela definida nas ombreiras, sendo até muitas vezes nula.

O volume de escavação comum inclui uma faixa de 10m além da saia da barragem.

Toda a área de contato entre a barragem e a fundação deverá ser objeto de limpeza completa.

O tratamento de fundação consiste na remoção de material solto, uma escavação na rocha com 1,5m de profundidade, além de uma cortina de drenagem próximo à face de montante, imediatamente a jusante de uma cortina de injeção.

Na barragem de concreto compactado com rolo, o tratamento de fundação inclui a aplicação de uma camada de concreto convencional de regularização – concreto dental – com uma espessura média de 0,5m em toda a fundação.

Ainda na barragem de concreto compactado com rolo, prevê-se uma camada de 1,0m de espessura no coroamento, 1,2m de largura no paramento de montante e 2,5m² de área no parapeito de concreto convencional.

Outros custos serão estimados em função do comprimento da barragem no coroamento.

TRANSIÇÕES E MUROS DE CONCRETO (CONTA .12.17.27)

São estruturas de concreto que servem para fazer a ligação ou transição entre estruturas de aterro – diques e barragens de terra e enrocamento – e estruturas de concreto – vertedouros, tomadas d'água ou barragens de concreto.

A presente versão do Manual recomenda dois muros típicos, apresentados nas Figura 5.5.4.07 e 5.5.4.08.

MUROS DE ARRIMO

Concepção e Recomendações

Muro de arrimo é uma estrutura transversal ao eixo do barramento, na qual a barragem é apoiada. O muro deve ter uma seção transversal tipo gravidade mostrada na Figura 5.5.4.07.



Figura 5.5.4.07 – Seção típica de muro de arrimo.

O muro de arrimo em geral é recomendado se a altura da seção de transição for menor que 30m.

Critérios e procedimentos para dimensionamento e quantificação

Os procedimentos para dimensionamento dos muros de arrimo são descritos no item 5.7.4. – Barragens e diques – Transições e muros de concreto, devendo-se utilizar a planilha 574m.xls para dimensionamento, quantificação e estimativa de custos.

A altura da barragem é definida como a distância entre o coroamento e o topo da rocha sã.

A borda livre é a definida para a barragem.

As inclinações médias do talude a montante e a jusante são aquelas definidas para a barragem.

A escavação comum já está considerada na barragem, exceto na de terra.

Em qualquer tipo de transição, a fundação deverá ser em rocha. A limpeza de fundação já está considerada na barragem, exceto na de terra, onde deverá ser objeto de limpeza completa. Não há necessidade de se prever tratamento de fundação.

Na determinação do volume de concreto é descontado o volume comum com o pilar do vertedouro e com a barragem de concreto.

MUROS DE ABRAÇO

Concepção e Recomendações

Muro de abraço é uma estrutura com perfil gravidade, como o apresentado na Figura 5.5.4.08, e com eixo coincidente com o eixo do barramento. O aterro abraça o muro. O comprimento da crista da transição deverá ser tal que penetre 10 metros no aterro, na cota do coroamento.

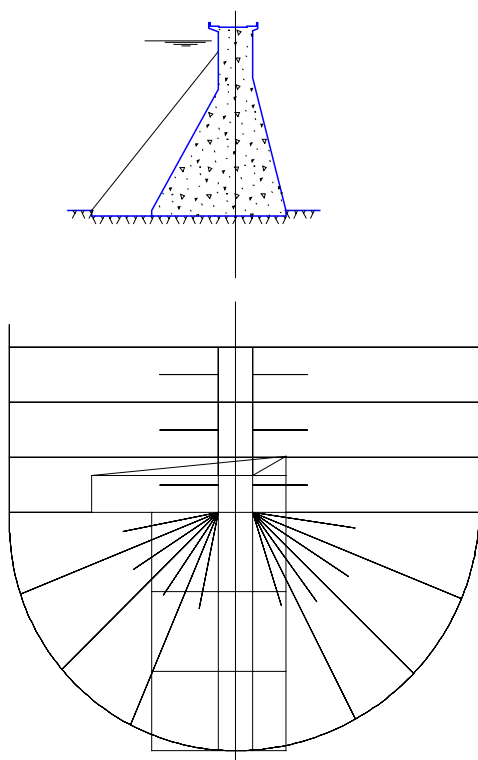


Figura 5.5.4.08 – Seção típica de muro de abraço.

O muro de abraço em geral é recomendado se a altura da seção de transição for maior ou igual a 30m. No entanto, para encontros com tomadas de água recomenda-se o emprego de muros de abraço independente da altura da seção de transição.

O muro de abraço recomendado no presente Manual é dimensionado especificamente para barragens de enrocamento com núcleo de argila inclinado, mas poderá ser adotado para demais tipos de barragem.

Quando as estruturas a serem ligadas tiverem borda livre diferentes, o muro deverá ter, na crista, uma rampa que concorde esses dois valores.

Critérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Os procedimentos para dimensionamento dos muros de abraço são descritos no item 5.7.4. – Barragens e diques – Transições e muros de concreto. Dever-se-á utilizar a planilha 574m.xls para dimensionamento, quantificação e estimativa de custos.

A altura da barragem é definida como a distância entre o coroamento e o topo da rocha sã.

No caso de ligação com barragem de concreto, muitas vezes basta a cabeça para o apoio do núcleo.

A escavação comum já está considerada na barragem, exceto na de terra.

Em qualquer tipo de transição, a fundação deverá ser em rocha. A limpeza de fundação já está considerada na barragem, exceto na de terra, onde deverá ser objeto de limpeza completa. Deverá ser usado o mesmo tipo de tratamento de fundação que é recomendado para barragens de concreto.

5.5.5 Vertedouros (Conta .12.18)

Os vertedouros têm a finalidade de descarregar as cheias para a manutenção do nível d'água de um reservatório em uma cota desejável. Deverá ser adotada uma vazão de projeto com um período de

recorrência de 10.000 anos, o que corresponde a um risco de 1% de ser igualada ou superada durante uma vida estimada de 100 anos.

Os vertedouros poderão ser classificados em de *fundo* e de *superfície*.

Os *vertedouros de fundo* poderão ser do tipo de barragem móvel, galerias ou condutos com válvulas dispersoras. Vertedouros de fundo somente deverão ser utilizados se condicionantes requererem descargas a jusante, em situações que não possam ser atendidas por vertedouro de superfície.

Além destes tipos, existe um outro tipo de descarregador que tem utilização temporária e cujo principal objetivo é manter um fluxo mínimo para jusante durante o período de enchimento do reservatório.

A válvula dispersora é usualmente utilizada em usinas com derivação para perenização da vazão a jusante da barragem.

Os *vertedouros de superfície* poderão ser do tipo livre ou controlados por comportas. Estes, por sua vez, poderão ser classificados em vertedouros de ogiva alta, de ogiva baixa ou de encosta.

Os *vertedouros livres* têm aplicação típica em usinas a fio d'água, cuja barragem pode ter uma soleira vertente. Acarretam maior sobrelevação no reservatório. Outros tipos de vertedouro livre, tais como os do tipo tulipa e sifão, são pouco utilizados, e, quando o são, normalmente a vazão de vertimento é pequena.

Os *vertedouros controlados* por comportas são recomendados em aproveitamentos com reservatórios deplecionáveis.

A não ser em casos particulares, nos arranjos de estudos de inventário somente deverão ser utilizados vertedouros do tipo de superfície controlados por comportas segmento ou vertedouros livres de superfície (soleira vertente).

Deverão ser evitados vertedouros de emergência – fusível ou outros – visando reduzir a capacidade requerida dos vertedouros principais. Não se recomenda, da mesma forma, posicionar o vertedouro entre as unidades da casa de força, ou sobre a mesma.

A escolha do tipo de vertedouro e sua localização dependerá da concepção do arranjo geral, do tipo de desvio e das características geológicas do local.

O *vertedouro de ogiva alta* é composto por uma soleira vertente, de altura significativa, controlada ou não por comportas do tipo segmento, e um dissipador de energia. É utilizado, em geral, em aproveitamentos com barragens de altura média e serve como estrutura de desvio – através de adufas colocadas em seu corpo.

O *vertedouro de ogiva baixa* é composto por uma soleira vertente baixa, controlada ou não por comportas do tipo segmento, e um dissipador de energia. É utilizado, em geral, em aproveitamentos com barragens baixas e pode servir como estrutura de desvio do rio.

O *vertedouro de encosta* é composto por uma pequena soleira vertente, seguida de uma calha e um dissipador de energia. Pode ser controlado ou não por comportas do tipo segmento. É utilizado, em geral, em aproveitamentos com barragens altas de aterro fechando a totalidade da seção do vale e com desvio do rio por túneis ou galerias. São colocados numa das ombreiras ou eventualmente numa sela, aproveitando ou não a existência de uma volta do rio.

Este tipo de vertedouro compreende:

- Canal de aproximação.
- Estrutura da crista e equipamento de controle.
- Calha e muros laterais.
- Estrutura de restituição e dissipação de energia.

■ Canal de restituição ao leito do rio

O escoamento pelo vertedouro possui uma *energia* muito elevada que deve ser dissipada de forma eficiente no menor trecho possível, principalmente para evitar danos em estruturas do próprio aproveitamento.

A dificuldade na dissipação de energia, sob o ponto de vista hidráulico, depende da vazão específica – vazão por metro de largura do vertedouro – e uma forma de minimizá-la é aumentar a estrutura de dissipação, ou ainda diminuir a altura das comportas, com o conseqüente aumento na largura.

Existem vários tipos de dissipadores de energia. A seleção deverá levar em conta principalmente o tipo de vertedouro, os parâmetros hidráulicos de projeto e as condições geológicas locais. O presente Manual recomenda a utilização de dissipadores do tipo bacia de dissipação ou salto de esquí.

A bacia de dissipação é recomendada em local com condições geológicas pouco favoráveis.

O salto de esquí, onde a dissipação da energia é feita por impacto do jato na bacia de amortecimento, exige material mais resistente na bacia para minimizar a erosão regressiva (de jusante para montante) a partir do ponto de impacto do jato. Neste tipo de dissipador pode-se amenizar o efeito do impacto do jato através da diminuição da vazão específica ou produzindo-se uma boa dispersão e aeração do jato.

Observa-se que a experiência em projetos desses dispositivos tem mostrado que a solução de vertedouros com dissipadores em salto esquí proporciona economia substancial para o custo das obras civis (MAGELA, G.P, CBGB, Publicação 03/1996 – Erosão em bacias de lançamento).

VERTEDOURO DE SUPERFÍCIE DO TIPO OGIVA BAIXA CONTROLADO POR COMPORTAS

Concepção e Recomendações

O vertedouro deste tipo poderá ser utilizado também como estrutura provisória de *desvio do rio*. O desvio poderá ser feito sobre a ogiva parcial ou totalmente arrasada, que será concretada posteriormente.

A *localização* do vertedouro dependerá do arranjo geral, mas é, mais comum, próximo ou dentro do leito do rio, adjacente a uma das margens, se a largura do rio assim o permitir, de modo a minimizar a escavação e a facilitar a sua utilização como estrutura de desvio.

Toda a estrutura de concreto deverá estar fundada sobre rocha sã.

Esse tipo de vertedouro freqüentemente apresenta desempenho hidráulico inferior aos demais tipos por ficar com o fluxo afogado por jusante. Isso acarreta em comportas com maior área.

Tanto o canal de aproximação quanto o de restituição são em geral o próprio leito do rio. Quando não, o *eixo de escoamento* do vertedouro deverá ser reto e o ângulo máximo entre este eixo e a direção do rio, na zona de restituição, deverá ser 45°. Admite-se curva apenas no canal de aproximação, em regiões de baixa velocidade.

A cota do fundo do *canal de aproximação* do vertedouro é definida, quando possível, de forma a permitir um bom desempenho hidráulico. Esta cota é definida muitas vezes como sendo igual à cota do leito do rio.

Em vertedouros situados totalmente em uma das ombreiras, deverá ser prevista a construção de *enseca-deiras*, uma a montante do canal de aproximação e outra a jusante do canal de restituição para permitir a escavação. Quando locado total ou parcialmente no leito do rio, haverá necessidade de uma enseca-deira de 1ª fase para permitir o início da construção do vertedouro.

É conveniente evitar poucas comportas de grandes dimensões – por dificultar a operação das comportas – mesmo que isso resulte em menor investimento.

Critérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Os procedimentos para dimensionamento do vertedouro de ogiva baixa com comportas são basicamente os mesmos do tipo ogiva alta controlados por comportas, descritos no item 5.7.5 – Vertedouros. Utilizar as planilhas 575codb.xls, para vertedouros com bacia de dissipação, e 575cose.xls, para vertedouros com salto de esqui, para dimensionamento, quantificação e estimativa de custos. Neste último caso, substituir o volume de concreto do defletor pelo de uma laje de proteção.

Os vertedouros devem ser dimensionados para descarregar a enchente de projeto sem sobrelevação do nível d'água máximo normal do reservatório ou abatimento da vazão de projeto pelo reservatório.

A altura das comportas é considerada como o desnível entre o nível d'água máximo normal do reservatório e a cota da crista da ogiva e é selecionada em função da vazão de projeto do vertedouro e da quantidade de comportas desejável, dentre outros aspectos. No item 5.7.5. é apresentada sugestão para a escolha da altura da comporta.

O dimensionamento dos *vãos das comportas*, feito em função da vazão de projeto do vertedouro, da altura das comportas e do coeficiente de descarga, deverá respeitar as seguintes limitações:

Número mínimo	2
Altura máxima	21,0 m
Largura máxima	20,0 m
Proporção mínima	largura \geq 70% da altura
Proporção máxima	largura \leq altura

A partir da vazão de projeto, cota do canal de aproximação, nível d'água máximo normal do reservatório, nível d'água do canal de restituição, topografia e da adoção da altura e número de comportas, é dimensionado o vertedouro e calculados os volumes de obras.

A Figura 5.5.5.01 mostra uma seção típica de um vertedouro de ogiva baixa controlado por comportas.

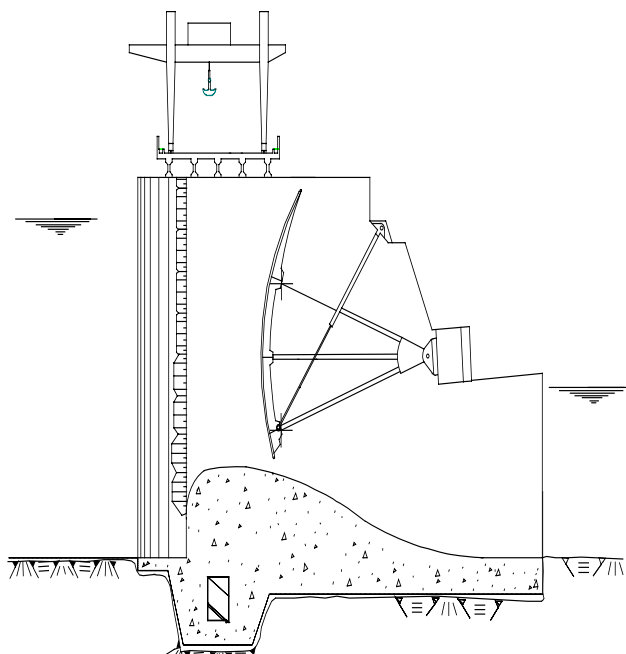


Figura 5.5.5.01 – Seção típica de vertedouro de superfície do tipo ogiva baixa controlada por comporta.

Para definição do perfil da ogiva, foi adotada a equação do Corps of Engineers (1971).

O coeficiente de descarga depende da geometria da crista, da altura da ogiva e da carga hidrostática sobre a ogiva (Bureau of Reclamation, 1977), e deve ser corrigido levando em conta o afogamento por jusante.

Considera-se a correção da largura do escoamento devido à contração do jato somente junto aos pilares extremos.

Na *bacia de dissipação*, a determinação da profundidade é iterativa e baseada no número de Froude na entrada da bacia, para a vazão de cheia centenária.

Arbitra-se, inicialmente, uma cota para o fundo da bacia de dissipação e verifica-se a adequação do valor arbitrado, calculando a velocidade, a profundidade do escoamento e o número de Froude antes do ressalto hidráulico, a profundidade do escoamento após o ressalto e, finalmente, a cota do fundo da bacia. Caso este valor calculado difira do arbitrado inicialmente, os cálculos deverão ser refeitos até ser atingida a precisão desejada.

É aconselhável que o número de Froude fique entre 4,5 e 9,0, pois nesta faixa o ressalto é estável, bem definido e menos sensível à variação do nível d'água de jusante (Chow, 1959). Para aumentar o número de Froude para 4,5 pode-se, por exemplo, abaixar o fundo da bacia de dissipação além do resultado pelo cálculo acima. Para diminuir o número de Froude para 9,0 pode-se, por exemplo, estreitar a largura da bacia de dissipação, sempre que as condições econômicas o permitirem.

O comprimento da bacia de dissipação é determinado em função da profundidade do escoamento após o ressalto hidráulico.

A Figura 5.5.5.02 apresenta uma seção típica de bacia de dissipação.

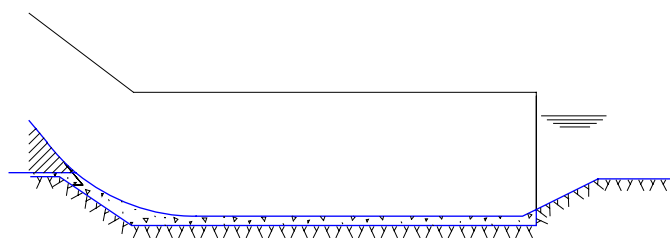


Figura 5.5.5.02 – Seção típica de bacia de dissipação.

Neste tipo de vertedouro não se recomenda a adoção de dissipador de energia por salto de esqui por que a baixa altura dificulta a formação de jato eficiente. No caso de boas condições geológicas, recomenda-se a liberação do escoamento diretamente no rio ou canal, sem qualquer estrutura de dissipação de energia, a não ser uma placa de concreto para proteger a estrutura de concreto contra a retro-erosão.

A largura da estrutura dissipadora de energia é a mesma da calha, exceto no caso de se desejar adequar a bacia de dissipação com número de Froude superior a 9,0.

A altura dos *muros laterais*, ao longo do paramento de jusante e do salto de esqui, deverá ser igual a 1,6 vezes a profundidade do escoamento para compensar o emulsionamento da lâmina de água. Na bacia de dissipação a altura é fixada acima da profundidade a jusante do ressalto. Esses muros são do tipo gravidade ou são ancorados na rocha, com espessura mínima de 1,0m e com paramento externo de 0,5H:1V quando não engastados na rocha.

O volume de escavação comum é determinado em função de uma espessura média da camada de solo na área da estrutura.

O volume de escavação em rocha a céu aberto é determinado em função da cota média da superfície da rocha e da cota da fundação da estrutura.

A limpeza de fundação é prevista em toda a área de fundação. Deve-se prever, como tratamento de fundação, uma linha de drenagem imediatamente a jusante de uma cortina de injeção de cimento.

O volume de concreto do vertedouro é determinado em função da sua geometria.

VERTEDOURO DE SUPERFÍCIE DO TIPO OGIVA ALTA CONTROLADO POR COMPORTAS

Concepção e Recomendações

O vertedouro deste tipo poderá ser utilizado também como estrutura provisória de *desvio do rio*, provendo adufas no seu corpo.

Sua *localização* dependerá do arranjo geral do aproveitamento, do tipo de barragens ao qual estará associado e da utilização do material escavado na área do vertedouro para a construção de barragem:

- Quando incorporado a barragens de concreto, convencional ou compactado a rolo, deverá ser localizado próximo ou dentro do leito do rio, se a largura do rio assim o permitir, de modo a minimizar a escavação e a facilitar a sua utilização como estrutura de desvio.
- Quando associado a barragens de enrocamento deverá ser localizado dentro da ombreira, de modo a minimizar o volume dos muros de concreto – de ligação entre a barragem e o vertedouro – mas sem produzir escavação excessiva. Neste caso, o material proveniente da escavação poderá ser utilizado na ensecadeira e barragem.
- Quando associado a barragens de terra, haverá necessidade de se equilibrar o custo da escavação com o do concreto, uma vez que a necessidade de rocha diminui drasticamente.

Toda a estrutura de concreto deverá estar fundada sobre rocha sã.

O *eixo de escoamento* do vertedouro deverá ser reto e o ângulo máximo entre este eixo e a direção do rio, na zona de restituição, deverá ser 45°. Admite-se curva apenas no canal de aproximação, em regiões de baixa velocidade.

O *canal de aproximação* deverá ter, em planta, conformação adequada, de modo a minimizar as perdas de carga e permitir uma distribuição homogênea do fluxo na estrutura de controle. A cota do fundo do canal de aproximação do vertedouro é definida de forma a permitir um bom desempenho hidráulico. Esta cota é definida muitas vezes como sendo igual à cota do leito do rio ou igual à cota do fundo do canal de aproximação às adufas de desvio. Quando localizado em uma das ombreiras, na parte sem adufas, define-se a cota de forma a resultar em ogivas com altura próxima à metade da altura das comportas. Dever-se-á evitar escoamento no canal de aproximação com velocidade média superior a 2m/s.

O *canal de restituição* é simplesmente escavado em rocha com dimensões tais que a velocidade fique limitada à máxima permitida para as condições geológicas do local.

Em vertedouros situados totalmente em uma das ombreiras, deverá ser prevista a construção de *ensecadeiras*, uma a montante do canal de aproximação e outra a jusante do canal de restituição para permitir a escavação. Quando locado total ou parcialmente no leito do rio, haverá necessidade de uma ensecadeira de 1ª fase para permitir o início da construção do vertedouro.

É conveniente evitar poucas comportas de grandes dimensões – por dificultar a operação das comportas – mesmo que isso resulte em menor investimento.

Crítérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Os procedimentos para dimensionamento do vertedouro de ogiva alta com comportas são descritos no item 5.7.5. – Vertedouros – Vertedouros de superfície do tipo ogiva alta controlados por comportas. Dever-se-á utilizar as planilhas 575cobd.xls, para vertedouros com bacia de dissipação, e 575cose.xls, para vertedouros com salto de esqui, para dimensionamento, quantificação e estimativa de custos.

São válidos para esse tipo de vertedouro, os critérios de dimensionamento apresentados para o vertedouro de superfície do tipo ogiva baixa.

A Figura 5.5.5.03 mostra uma seção típica de um vertedouro de ogiva alta controlado por comportas.

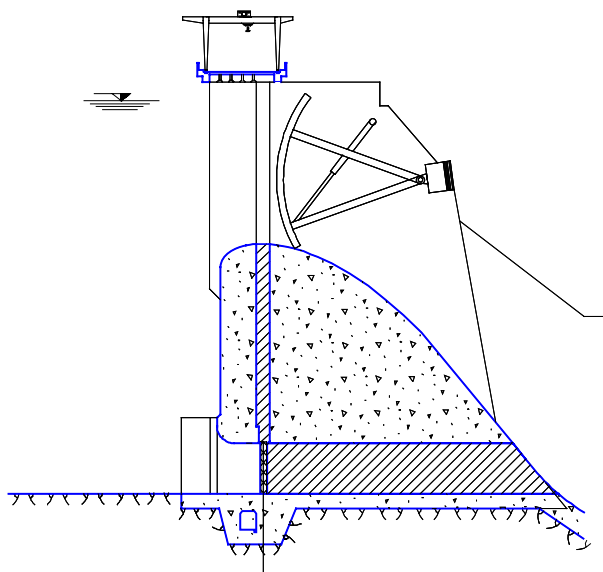


Figura 5.5.5.03 – Seção típica de vertedouro de superfície do tipo ogiva alta controlado por comportas.

Para definição do perfil da ogiva deverá ser adotada a equação do Corps of Engineers (1971). Em ogivas mais altas, quando a inclinação da face de jusante atingir 133%, dever-se-á manter esta inclinação.

São válidos para esse tipo de vertedouro as considerações já apresentadas para o tipo ogiva baixa, referentes ao coeficiente de descarga e muros laterais.

No caso de bacia de dissipação em *salto de esqui*, a sua seção transversal é formada por uma curva circular, com raio de três vezes a profundidade da lâmina de água, tangente à calha e terminando em um ângulo com a horizontal de 25,8°.

Poderá ser adotada cota da soleira do salto de esqui acima do nível d'água máximo do canal de restituição para a vazão centenária.

VERTEDOURO DE SUPERFÍCIE DO TIPO DE ENCOSTA CONTROLADO POR COMPORTA

Concepção e Recomendações

A seleção deste tipo de vertedouro implica a utilização de estrutura independente para *desvio do rio*.

Este tipo de vertedouro deverá ser *localizado* em uma das ombreiras, junto à barragem, em selas ou em pontos baixos aproveitando-se a topografia natural. A utilização do material escavado na área do vertedouro para a construção de barragem é, normalmente, uma consideração importante na definição da localização do mesmo.

Toda a estrutura de concreto deverá estar fundada sobre rocha sã.

O *eixo de escoamento* do vertedouro deverá ser reto e o ângulo máximo entre este eixo e a direção do rio, na zona de restituição, deverá ser 45°. Admite-se curva apenas no canal de aproximação, em regiões de baixa velocidade.

O *canal de aproximação* deverá ter, em planta, conformação adequada, de modo a minimizar as perdas de carga e permitir uma distribuição homogênea do fluxo na ogiva. A definição da cota do fundo do canal de aproximação é feita de forma a resultar em um vertedouro com uma ogiva pequena. Ogivas com altura entre 25% e 40% da altura da comporta poderão ser tentadas inicialmente.

O perfil do vertedouro dependerá da topografia e das condições geológicas locais.

A calha deverá ter seção transversal retangular e largura constante, com o piso formado por uma laje de concreto. A declividade longitudinal da calha deverá ser, de preferência, constante. Onde esta solução resultar em volumes exagerados de escavação, poder-se-á adotar uma declividade inicial mais suave, de 3% a 5%, aumentando depois para valores entre 20% e 30%.

O canal de restituição é simplesmente escavado em rocha com dimensões tais que a velocidade fique limitada à máxima permissível para as condições geológicas do local.

Deverá ser prevista a construção de uma *ensecadeira* a jusante do canal de restituição para permitir a escavação.

Critérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Os procedimentos para dimensionamento do vertedouro de encosta com comportas são descritos no item 5.7.5. – Vertedouros – Vertedouros de superfície do tipo encosta controlados por comportas. Dever-se-á utilizar as planilhas 575coenb.xls, para vertedouros com bacia de dissipação, e 575coens.xls, para vertedouros com salto de esqui, para dimensionamento, quantificação e estimativa de custos.

São válidos para esse tipo de vertedouro, os critérios de dimensionamento apresentados para o vertedouro de superfície do tipo ogiva baixa.

A Figura 5.5.5.04 mostra uma seção típica de um vertedouro de encosta controlado por comportas.

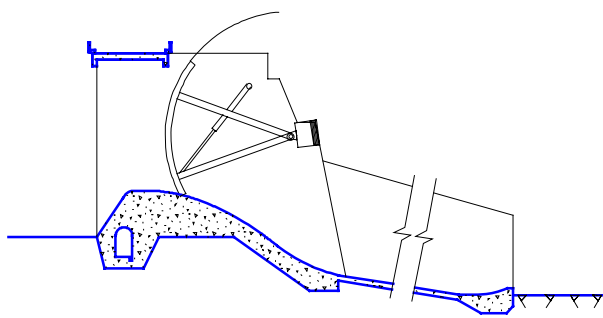


Figura 5.5.5.04 – Seção típica de vertedouro de superfície do tipo encosta controlado por comportas.

Para definição do perfil da ogiva foram adotadas as equações do Corps of Engineers (1971). O perfil de jusante da ogiva deve ser definido de forma a melhorar o desempenho hidráulico do vertedouro. Adotou-se um raio de curvatura na saída da ogiva igual à altura das comportas.

A inclinação do paramento de montante da ogiva é definida em função do desempenho hidráulico desejado e da altura da ogiva. Neste Manual são apresentadas três opções: 1H:1V, 0,67H:1V e 0,33H:1V. Pode-se encontrar um bom desempenho hidráulico com volume de concreto razoável variando a inclinação do paramento de montante e a altura da ogiva. A inclinação do paramento mais suave e ogivas mais altas melhoram o desempenho hidráulico, porém com aumento de concreto.

O coeficiente de descarga dependerá da geometria da crista, da altura da ogiva, da carga hidrostática sobre a ogiva, da inclinação do paramento de montante do vertedouro e do nível d'água a jusante. (Bureau of Reclamation, 1977).

Para os vertedouros de encosta, em razão de melhor aproximação do fluxo de escoamento, desprezou-se a contração do jato junto aos pilares extremos.

Os demais critérios de dimensionamento são os mesmos apresentados para o vertedouro de superfície do tipo ogiva alta controlado por comportas.

A espessura da calha, para fins de determinação de quantidades, deve ser estimada em 0,70m.

VERTEDOIRO LIVRE DO TIPO OGIVA ALTA

Concepção e Recomendações

O vertedouro deste tipo poderá ser utilizado também como estrutura provisória de *desvio*, provendo adufas no seu corpo.

A *localização* do vertedouro dependerá basicamente da utilização do material escavado na área do vertedouro para a construção de barragem:

- Quando incorporado a barragens de concreto, convencional ou compactado com rolo, deverá ser localizado próximo ou dentro do leito do rio, se a largura do rio assim o permitir, de modo a minimizar a escavação e a facilitar a sua utilização como estrutura de desvio.
- Quando associado a barragens de enrocamento deverá ser localizado dentro da ombreira, de modo a minimizar o volume dos muros de concreto – de encontro entre a barragem e o vertedouro – mas sem produzir escavação excessiva. Neste caso, o material proveniente da escavação poderá ser utilizado na enscadeira e barragem.
- Quando associado a barragens de terra, haverá necessidade de se equilibrar o custo da escavação com o do concreto, uma vez que a necessidade de rocha diminui drasticamente.

Toda a estrutura de concreto deverá estar fundada sobre rocha sã.

O *eixo de escoamento* do vertedouro deverá ser reto e o ângulo máximo entre este eixo e a direção do rio, na zona de restituição, deverá ser 45°. Admite-se curva apenas no canal de aproximação, em regiões de baixa velocidade.

A cota do fundo do *canal de aproximação* do vertedouro é definida de forma a permitir um bom desempenho hidráulico. Esta cota é definida muitas vezes como sendo igual à cota do leito do rio ou igual à cota do fundo do canal de aproximação às adufas de desvio. Quando localizado em uma das ombreiras, na parte sem adufas, define-se a cota de forma a resultar em ogivas com altura próxima à metade da altura das comportas. Dever-se-á evitar escoamento no canal de aproximação com velocidade média superior a 2m/s.

O *canal de restituição* é simplesmente escavado em rocha com dimensões tais que a velocidade fique limitada à máxima permissível para as condições geológicas do local.

Em vertedouros situados totalmente em uma das ombreiras, deverá ser prevista a construção de *ensecadeiras*, uma a montante do canal de aproximação e outra a jusante do canal de restituição para permitir a escavação.

Critérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Os procedimentos para dimensionamento do vertedouro livre de ogiva alta são descritos no item 5.7.5. – Vertedouros – Vertedouros livres de superfície do tipo ogiva alta. Dever-se-á utilizar as planilhas 575lobd.xls, para vertedouros com bacia de dissipação, e 575lose.xls, para vertedouros com salto de esqui, para dimensionamento, quantificação e estimativa de custos.

Os vertedouros deverão ser dimensionados para descarregar a enchente de projeto sem abatimento do pico pelo reservatório.

A altura de energia máxima sobre a crista é considerada como o desnível entre o nível d'água máximo maximorum e o nível d'água máximo normal do reservatório que coincide com a cota da crista da ogiva. O nível d'água máximo maximorum é selecionado em função de restrições existentes à elevação do nível d'água no reservatório, da vazão de projeto do vertedouro e da largura de ogiva desejável, dentre outros aspectos

A partir da vazão de projeto, cota do canal de aproximação, nível d'água máximo normal do reservatório, nível d'água do canal de restituição e topografia é dimensionado o vertedouro e são calculados os volumes de obras.

A Figura 5.5.5.05 mostra uma seção típica de um vertedouro livre de ogiva alta.

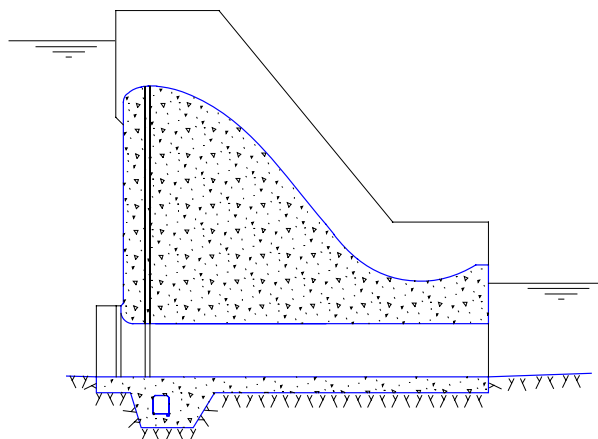


Figura 5.5.5.05 – Seção típica de vertedouro livre de superfície do tipo de ogiva alta.

Para definição do perfil da ogiva foi adotada a equação do Corps of Engineers (1971). Em ogivas mais altas, após a inclinação atingir 133%, deve-se manter esta inclinação.

O coeficiente de descarga dependerá da geometria da crista, da altura da ogiva e da carga hidrostática sobre a ogiva (Bureau of Reclamation, 1977), e deverá ser corrigido levando em conta o afogamento por jusante.

Considera-se a correção do coeficiente de escoamento devido à contração do jato junto aos pilares extremos.

Na *bacia de dissipação* a determinação da profundidade é iterativa e baseada no número de Froude na entrada dela, para a vazão de cheia centenária.

Arbitra-se, inicialmente, uma cota para o fundo da bacia de dissipação e verifica-se a adequação do valor arbitrado, calculando a velocidade, a profundidade do escoamento e o número de Froude antes do ressalto hidráulico, a profundidade do escoamento após o ressalto e, finalmente, a cota do fundo da bacia. Caso este valor calculado difira do arbitrado inicialmente, os cálculos deverão ser refeitos até ser atingida a precisão desejada.

É aconselhável que o número de Froude fique entre 4,5 e 9,0, pois nesta faixa o ressalto é estável, bem definido e menos sensível à variação do nível d'água de jusante (Chow, 1959). Para aumentar o número de Froude para 4,5 pode-se, por exemplo, abaixar o fundo da bacia de dissipação além do resultado pelo cálculo acima. Para diminuir o número de Froude para 9,0 pode-se, por exemplo, estreitar a largura da bacia de dissipação, sempre que as condições econômicas o permitirem.

A Figura 5.5.5.02 apresenta uma seção típica de bacia de dissipação.

No caso de *salto de esqui*, a sua seção transversal é formada por uma curva circular, com raio de três vezes a profundidade da lâmina de água, tangente à calha e terminando em um ângulo com a horizontal de 25,8°.

Admitiu-se cota da soleira do salto de esqui acima do nível d'água máximo do canal de restituição para a vazão centenária.

A Figura 5.5.5.03 apresenta uma seção típica de salto de esqui.

A largura da estrutura dissipadora de energia é a mesma da calha, exceto no caso de se desejar adequar bacia de dissipação com número de Froude superior a 9,0.

A altura das *muros laterais* ao longo do paramento de jusante e do salto de esqui deverá ser igual a 1,6 vezes a profundidade do escoamento para compensar o emulsionamento da lâmina d'água. Na bacia de dissipação a altura é fixada acima da profundidade a jusante do ressalto. Esses muros são do tipo a gravidade ou estão ancorados na rocha, com espessura mínima de 1,0 m e com paramento externo com 0,5H:1V quando não engastados na rocha.

O volume de escavação comum é determinado em função de uma espessura média da camada de solo na área da estrutura.

O volume de escavação em rocha a céu aberto é determinado em função da cota média da superfície da rocha e da cota da fundação da estrutura.

A limpeza de fundação é prevista em toda a área de fundação. Deve-se prever, como tratamento de fundação, uma linha de drenagem imediatamente a jusante de uma cortina de injeções de cimento.

O volume de concreto do vertedouro é determinado em função da sua geometria.

VERTEDOURO LIVRE DO TIPO DE ENCOSTA

Concepção e Recomendações

A seleção deste tipo de vertedouro implica a utilização de estrutura independente para *desvio do rio*.

Este tipo de vertedouro deverá ser *localizado* em uma das ombreiras, junto à barragem, em selas ou em pontos baixos aproveitando-se a topografia natural. A utilização do material escavado na área do vertedouro para a construção de barragem é, normalmente, uma consideração importante na definição da localização do mesmo.

Toda a estrutura de concreto deverá estar fundada sobre rocha sã.

O *eixo de escoamento* do vertedouro deverá ser reto e o ângulo máximo entre este eixo e a direção do rio, na zona de restituição, deverá ser 45°. Admite-se curva apenas no canal de aproximação em regiões de baixa velocidade.

O *canal de aproximação* deverá ter, em planta, conformação adequada, de modo a minimizar as perdas de carga e permitir uma distribuição homogênea do fluxo na ogiva. A definição da cota do fundo do canal de aproximação é feita de forma a resultar em um vertedouro com uma ogiva pequena. Ogivas com altura entre 25% e 40% da altura da comporta poderão ser tentadas inicialmente.

O perfil do vertedouro dependerá da topografia e das condições geológicas locais.

A calha deverá ter seção transversal retangular e largura constante, com o piso formado por uma laje de concreto. A declividade longitudinal da calha deverá ser, de preferência, constante. Onde esta solução resultar em volumes exagerados de escavação, poder-se-á adotar uma declividade inicial mais suave, de 3% a 5%, aumentando depois para valores entre 20% a 30%.

O canal de restituição é simplesmente escavado em rocha e com dimensões tais que a velocidade fique limitada à máxima permitível para as condições geológicas do local.

Deverá ser prevista a construção de uma *ensecadeira* a jusante do canal de restituição para permitir a escavação.

Critérios e Procedimentos para Dimensionamento e Quantificação

Os procedimentos para dimensionamento do vertedouro de encosta com comportas são descritos no item 5.7.5. – Vertedouros – Vertedouros de superfície do tipo encosta controlados por comportas. Dever-se-á utilizar as planilhas 575loens.xls, para vertedouros com bacia de dissipação, e 575loenb.xls, para vertedouros com salto de esqui, para dimensionamento, quantificação e estimativa de custos.

Os vertedouros deverão ser dimensionados para descarregar a enchente de projeto sem abatimento do pico pelo reservatório.

A altura de energia máxima sobre a crista é considerada como o desnível entre o nível d'água máximo maximorum e o nível d'água máximo normal do reservatório, que coincide com a cota da crista da ogiva. O nível d'água máximo maximorum é selecionado em função de restrições existentes à elevação do nível d'água no reservatório, da vazão de projeto do vertedouro e da largura de ogiva desejável, dentre outros aspectos.

A partir da vazão de projeto, cota do canal de aproximação, nível d'água máximo normal do reservatório, nível d'água do canal de restituição e topografia é dimensionado o vertedouro e são calculados os volumes de obras.

A Figura 5.5.5.06 mostra uma seção típica de um vertedouro livre de encosta.

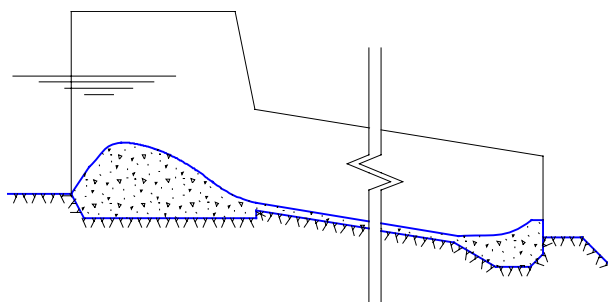


Figura 5.5.5.06 – Seção típica de vertedouro livre de superfície de ogiva baixa.

Para definição do perfil da ogiva foram adotadas as equações do Corps of Engineers (1971). O perfil de jusante da ogiva foi definido de forma a melhorar o desempenho hidráulico do vertedouro. Adotou-se um raio de curvatura na saída da ogiva igual à altura das comportas.

A inclinação do paramento de montante da ogiva é definida em função do desempenho hidráulico desejado e da altura da ogiva. Neste Manual são apresentadas três opções: 1H:1V, 0,67H:1V e 0,33H:1V. Pode-se encontrar um bom desempenho hidráulico com volume de concreto razoável variando a inclinação do paramento de montante e a altura da ogiva. A inclinação do paramento mais suave e ogivas mais altas melhoram o desempenho hidráulico, porém com aumento de concreto.

O coeficiente de descarga dependerá da geometria da crista, da altura da ogiva, da carga hidrostática sobre a ogiva, da inclinação do paramento de montante do vertedouro e do nível d'água a jusante. (Bureau of Reclamation, 1977).

Para os vertedouros de encosta, em razão de melhor aproximação do fluxo de escoamento, desprezou-se a contração do jato junto aos pilares extremos.

Na *bacia de dissipação*, a determinação da profundidade é iterativa e baseada no número de Froude na entrada dela, para a vazão de cheia centenária.

Arbitra-se, inicialmente, uma cota para o fundo da bacia de dissipação e verifica-se a adequação do valor arbitrado, calculando a velocidade, a profundidade do escoamento e o número de Froude antes do ressalto hidráulico, a profundidade do escoamento após o ressalto e, finalmente, a cota do fundo da bacia. Caso este valor calculado difira do arbitrado inicialmente, os cálculos deverão ser refeitos até ser atingida a precisão desejada.

É aconselhável que o número de Froude fique entre 4,5 e 9,0, pois nesta faixa o ressalto é estável, bem definido e menos sensível à variação do nível d'água de jusante (Chow, 1959). Para aumentar o número de Froude para 4,5 pode-se, por exemplo, abaixar o fundo da bacia de dissipação além do resultado pelo cálculo acima. Para diminuir o número de Froude para 9,0 pode-se, por exemplo, estreitar a largura da bacia de dissipação, sempre que as condições econômicas o permitirem.

O comprimento da bacia de dissipação é determinado em função da profundidade do escoamento após o ressalto hidráulico.

A Figura 5.5.5.02 apresenta uma seção típica de bacia de dissipação.

No caso de salto de esqui (Figura 5.5.5.03), a sua seção transversal é formada por uma curva circular, com raio de três vezes a profundidade da lâmina de água, tangente à calha e terminando em um ângulo com a horizontal de 25,8°.

Admitiu-se cota da soleira do salto de esqui acima do nível d'água máximo do canal de restituição para a vazão centenária.

A largura da estrutura dissipadora de energia é a mesma da calha, exceto no caso de se desejar adequar a bacia de dissipação com número de Froude superior a 9,0.

A altura dos *muros laterais*, ao longo do paramento de jusante, da calha e do salto de esqui, deverá ser igual a 1,6 vezes a profundidade do escoamento para compensar o emulsionamento da lâmina de água. Na bacia de dissipação a altura é fixada acima da profundidade a jusante do ressalto. Esses muros são do tipo a gravidade ou estão ancorados na rocha, com espessura mínima de 1,0m e com paramento externo com 0,5H:1V quando não engastados na rocha.

O volume de escavação comum é determinado em função de uma espessura média da camada de solo na área da estrutura.

O volume de escavação em rocha a céu aberto é determinado em função da cota média da superfície da rocha e da cota da fundação da estrutura.

A limpeza de fundação é prevista em toda a área de fundação. Deve-se prever, como tratamento de fundação, uma linha de drenagem imediatamente a jusante de uma cortina de injeção de cimento.

O volume de concreto do vertedouro é determinado em função da sua geometria.

A espessura da calha, para fins de determinação de quantidades, deve ser estimada em 0,70m.

5.5.6 Estradas de Rodagem, de Ferro e Pontes (Conta .16)

Os serviços de construção e/ou melhoramentos das estradas de rodagem, estradas de ferro, pontes, pontilhões e aeroporto, destinados ao acesso das usinas que fazem parte das alternativas de divisão de queda, deverão ser estimados com base nos comprimentos das ligações da usina ao sistema viário da região.

Não são consideradas nesta conta as ligações da vila dos operadores à casa de força e a interligação entre as diversas estruturas.

Dever-se-á considerar que as estradas de acesso deverão atender ao fluxo normal de veículos durante a obra e em condições especiais ao transporte dos equipamentos da usina. O tipo de revestimento a empregar, o padrão de infra-estrutura, a largura e categoria da obra dependerão da necessidade e escolha do proprietário. Os custos relativos a esta conta são obtidos pela utilização dos preços unitários para cada categoria, multiplicado pelo comprimento ou área da obra.

O aeroporto deverá atender às condições mínimas de acesso à obra, normalmente recaindo na construção de uma pista de pouso de pequeno porte ou na utilização de outras unidades próximas do local. Em estudos de inventário deverá ser considerada a existência de aproveitamentos em cascata e que não necessariamente todos devam incorporar a construção de um aeroporto ou pista de pouso. Neste Manual é indicado o custo de uma pista de pouso de pequeno porte e que atende, na maioria dos casos, às necessidades da obra.

5.5.7 Custos Indiretos (Conta .17)

Os custos indiretos compreendem todos as obras de caráter provisório e serviços de caráter geral, necessários à construção do empreendimento, tais como:

- Construção e manutenção do canteiro e acampamento.
- Serviços de engenharia e estudos de meio ambiente.
- Administração do proprietário.

A construção do canteiro e acampamento compreende os serviços e obras de construção das estruturas e melhoramentos de caráter provisório do canteiro e acampamento, a serem removidos ou abandonados após a conclusão da obra.

O seu custo é calculado em função do volume de serviço traduzido por um fator F, conforme procedimento de cálculo descrito no item 5.7.8 – Custos Indiretos. Dever-se-á utilizar a planilha 56ope.xls para estimativa de custos.

Os serviços de engenharia compreendem todos os serviços de projeto e consultoria técnica executados pelo proprietário e/ou empresa contratada, tais como o estudo de viabilidade, projeto básico e projeto executivo, serviços de engenharia de campo e laboratório (levantamentos topográficos, levantamentos aerofotogramétricos, pesquisas geotécnicas, hidrotécnicas, modelos reduzidos) e estudos e projetos ambientais.

O custo relativo à engenharia é estimado considerando-se um valor percentual sobre o custo direto total da usina em estudo.

A administração do proprietário compreende todos os serviços de controle de progresso, apoio e consultoria administrativa, executados pelo proprietário ou empresa contratada, diretamente ligados à obra.

O custo relativo à administração do proprietário é estimado considerando-se um valor percentual sobre o custo direto total da usina em estudo.

5.5.8 Juros Durante a Construção (Conta .18)

Os juros durante a construção compreendem a apropriação ou previsão de despesas financeiras sobre o capital próprio (remuneração do capital) e de terceiros (encargos financeiros) efetivadas durante a construção da usina, conforme o seu cronograma de desembolso e calculadas com uma taxa de juros convencional e capitalizada anualmente durante o período de construção.

Na determinação dos valores de juros durante a construção apresentados no item 5.7.9 considerou-se, como exemplo, taxas de juros anuais de 10% e 12% e distinguem os projetos pelo tempo de construção, utilizando curvas padrão de desembolso de investimento. Observa-se que a taxa de juros deverá ser obtida junto ao poder concedente.

Para aproveitamentos que não se enquadram nas curvas padrão de desembolso de investimento apresentadas pode-se determinar o valor de juros durante a construção conforme segue abaixo.

É importante que se disponha de uma avaliação da duração da construção e do provável cronograma de obras.

A formulação deste cronograma poderá ser feita, em linhas gerais e com os ajustes julgados apropriados, com base no arranjo geral e nas quantidades calculadas, da seguinte forma:

- Determinar o prazo requerido para a realização do desvio do rio. No caso de desvio em túnel, admitir dois meses para mobilização, um período de seis meses para a escavação dos acessos e emboque dos túneis e, nestes, uma taxa máxima de 100 metros por mês, por túnel. No caso de desvio do rio no próprio leito, admitir, após a mobilização, a construção da ensecadeira de primeira etapa a uma taxa máxima de 100.000m³/mês.
- Dependendo do tipo de arranjo, determinar a data provável de início das operações de concretagem, considerando no mínimo seis meses para mobilização e instalação das centrais de concreto e britagem, além de, naturalmente, liberação da praça correspondente à concretagem.
- Determinar aproximadamente o tempo requerido para liberação da concretagem da casa de força externa, o que implica geralmente a conclusão de pelo menos 50% do volume do canal de fuga, a totalidade das escavações da casa de força propriamente dita e a execução de parte do tratamento de fundações na área da casa de força. Admitir, para escavações em local restrito, uma taxa média de 100.000m³/mês de escavação comum e 70.000m³/mês em rocha. No caso de casa de força subterrânea, admitir 80m/mês/frente para o avanço de túneis de perfil horizontal, 40metros/mês/frente em túneis longos, inclinados mais que 45°, e 20.000m³/mês o ritmo de escavação em caverna.
- Admitir um período de seis a 12 meses após o início da concretagem da casa de força (área de montagem e bloco da primeira unidade) para o início da montagem da primeira unidade, dependendo do volume e da estimativa das condições de trabalho.
- Admitir um período de 24 a 30 meses para a montagem da unidade 1, para turbinas tipo Francis e Kaplan, e 18 a 24 meses para montagem de unidades Pelton. Nos dois casos acrescentar três a quatro meses para comissionamentos e testes.
- Verificar, com base no exame qualitativo do arranjo e na ordem de grandeza das principais quantidades, se as atividades citadas são de fato as condicionantes do cronograma. No caso de grandes volumes de concreto e escavação, em áreas restritas, pode ocorrer que a realização destes volumes requeira taxas de produtividades muito elevadas, incompatíveis com a disponibilidade de praça e acesso.

5.6 ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS

Orçamento Padrão Eletrobrás – de uso recomendado para a estimativa de custos e orçamentação – é o documento padronizado para utilização em qualquer etapa do desenvolvimento de um projeto hidrelétrico. O Plano de Contas do O.P.E. está de acordo com o estabelecido pelo Ministério das Minas e Energia, enquanto que a sua definição e descrição é feita no documento Descrições e Instruções para Aplicação do Orçamento Padrão Eletrobrás de Usinas Hidroelétricas.

Nesta fase dos estudos, os custos das diversas estruturas são estimados individualmente em função da quantidade de obras, serviços e equipamentos levantados de forma simples, sem detalhamento, porém em nível suficiente para uma boa aproximação do custo real da estrutura. O Orçamento Padrão recebe nesta fase, portanto, uma itemização adequada para o seu nível.

No quadro 5.6.01 é apresentada a planilha de orçamento dos Estudos Finais de inventário, contendo as devidas adaptações, inclusive das contas socioambientais.

Ressalta-se que na conta 18 deverá ser utilizada a taxa de juros obtida junto ao poder concedente (item 2.6).

Quadro 5.6.01 – Planilha de orçamento dos Estudos Finais.

					Preços de Dez/2006	
CONTA	ITEM	UN.	QUANT.	PREÇO UNIT. R\$	CUSTO R\$ 10 ³	
.10.	TERRENOS, RELOCAÇÕES E OUTRAS AÇÕES SÓCIO-AMBIENTAIS				0	
.10.10	AQUISIÇÃO DE TERRENOS E BENEFITÓRIAS				0	
.10.10.10	PROPRIEDADES URBANAS	gl			0	
.10.10.10.10	Reservatório	ha			0	
.10.10.10.11	Canteiro, Acampamento, Jazidas e Áreas Afins	ha			0	
.10.10.10.40	Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permanente	ha			0	
.10.10.10.43	Cidades e Vilas	gl			0	
.10.10.10.44	Infra-Estrutura Econômica e Social Isolada	gl			0	
.10.10.10.17	Outros custos	gl			0	
.10.10.11	PROPRIEDADES RURAIS	gl			0	
.10.10.11.10	Reservatório	ha			0	
.10.10.11.11	Canteiro, Acampamento, Jazidas e Áreas Afins	ha			0	
.10.10.11.40	Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permanente	ha			0	
.10.10.11.41	Reassentamento Rural	ha			0	
.10.10.11.42	Comunidades indígenas e outros grupos étnicos	ha			0	
.10.10.11.43	Cidades e Vilas	gl			0	
.10.10.11.44	Infra-Estrutura Econômica e Social Isolada	gl			0	
.10.10.11.17	Outros custos	gl			0	
.10.10.12	DESPESAS LEGAIS E DE AQUISIÇÃO	%			0	
.10.10.13	OUTROS CUSTOS	gl			0	
.10.11	RELOCAÇÕES				0	
.10.11.14	ESTRADAS DE RODAGEM	km			0	
.10.11.15	ESTRADAS DE FERRO	km			0	
.10.11.16	PONTES	m ²			0	
.10.11.18	SISTEMA DE TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO	gl			0	
.10.11.19	SISTEMA DE COMUNICAÇÃO	gl			0	
.10.11.20	RELOCAÇÕES DE POPULAÇÃO	gl			0	
.10.11.20.41	Reassentamento Rural	gl			0	
.10.11.20.42	Comunidades indígenas e outros grupos étnicos	gl			0	
.10.11.20.43	Cidades e Vilas	gl			0	
.10.11.20.44	Infra-Estrutura Econômica e Social Isolada	gl			0	
.10.11.20.17	Outros custos	gl			0	
.10.11.21	OUTRAS RELOCAÇÕES	gl			0	
.10.11.13	OUTROS CUSTOS	gl			0	

CAPÍTULO 5 | ESTUDOS FINAIS

.10.15	OUTRAS AÇÕES SÓCIO-AMBIENTAIS		0
.10.15.44	COMUNICAÇÃO SÓCIO-AMBIENTAL	gl	0
.10.15.45	MEIO FÍSICO-BIÓTICO	gl	0
.10.15.45.18	Limpeza do Reservatório	ha	0
.10.15.45.40	Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permanente	ha	0
.10.15.45.45	Conservação da Flora	gl	0
.10.15.45.46	Conservação da Fauna	gl	0
.10.15.45.47	Qualidade da Água	gl	0
.10.15.45.48	Recuperação de Áreas Degradadas	gl	0
.10.15.45.17	Outros custos	gl	0
.10.15.46	MEIO SÓCIO-ECONÔMICO-CULTURAL	gl	0
.10.15.46.42	Comunidades indígenas e outros grupos étnicos	gl	0
.10.15.46.49	Saúde e Saneamento Básico	gl	0
.10.15.46.50	Estrutura Habitacional e Educacional	gl	0
.10.15.46.51	Salvamento do Patrimônio Cultural	gl	0
.10.15.46.52	Apoio aos Municípios	gl	0
.10.15.46.17	Outros custos	gl	0
.10.15.47	LICENCIAMENTO E GESTÃO INSTITUCIONAL	gl	0
.10.15.47.53	Licenciamento	gl	0
.10.15.47.55	Gestão Institucional	gl	0
.10.15.47.17	Outros custos	gl	0
.10.15.48	USOS MÚLTIPLOS	gl	0
.10.15.13	OUTROS CUSTOS	gl	0
	Subtotal da conta .10		0
.10.27	EVENTUAIS DA CONTA .10	%	0
.11.	ESTRUTURAS E OUTRAS BENEFETORIAS		0
.11.12	BENEFETORIAS NA ÁREA DA USINA	gl	0
.11.13	CASA DE FORÇA		0
.11.13.00.12	Escavação	gl	0
.11.13.00.12.10	Comum	m³	0
.11.13.00.12.11	Em Rocha a céu aberto	m³	0
.11.13.00.12.12	Subterrânea em rocha	m³	0
.11.13.00.13	Limpeza e tratamento de fundação	gl	0
.11.13.00.14	Concreto	gl	0
.11.13.00.14.13	Cimento	t	0
.11.13.00.14.14	Concreto sem cimento	m³	0
.11.13.00.14.15	Armadura	t	0
.11.13.00.15	Instalações e acabamentos	gl	0
	Subtotal da conta .11		0
.11.27	EVENTUAIS DA CONTA .11	%	0
.12.	BARRAGENS E ADUTORAS		0
.12.16	DESVIO DO RIO		0
.12.16.22	ENSECADEIRAS	gl	0
.12.16.22.14	Concreto do defletor	gl	0
.12.16.22.19	Ensecadeira de rocha e terra	m³	0
.12.16.22.20	Ensecadeiras especiais	gl	0
.12.16.22.21	Remoção de ensecadeiras	m³	0
.12.16.22.22	Esgotamento e outros custos	%	0
.12.16.22.56	Ponte de serviço	gl	0
.12.16.23	TÚNEL DE DESVIO	gl	0
.12.16.23.12	Escavação	m³	0
.12.16.23.12.10	Comum	m³	0
.12.16.23.12.11	Em rocha a céu aberto	m³	0
.12.16.23.12.12	Subterrânea em rocha	m³	0
.12.16.23.13	Limpeza e tratamento de fundação	gl	0
.12.16.23.14	Concreto	gl	0
.12.16.23.14.13	Cimento	t	0
.12.16.23.14.14	Concreto sem cimento	m³	0
.12.16.23.14.15	Armadura	t	0
.12.16.23.23	Equipamento de fechamento	gl	0
.12.16.23.23.16	Comportas sem guinchos	un	0
.12.16.23.23.56	Peças fixas extras	gl	0
.12.16.23.23.17	Comporta ensecadeira	un	0
.12.16.23.17	Outros custos	gl	0

.12.16.24.	CANAL OU GALERIA / ADUFA DE DESVIO	gl	0
.12.16.24.12	Escavação	m³	0
.12.16.24.12.10	Comum	m³	0
.12.16.24.12.11	Em rocha a céu aberto	m³	0
.12.16.24.13	Limpeza e tratamento de fundação	gl	0
.12.16.24.14	Concreto	gl	0
.12.16.24.14.13	Cimento	t	0
.12.16.24.14.14	Concreto sem cimento	m³	0
.12.16.24.14.15	Armadura	t	0
.12.16.24.23.	Equipamento de fechamento	gl	0
.12.16.24.23.16	Comportas sem guinchos	un	0
.12.16.24.23.56	Peças fixas extras	gl	0
.12.16.24.23.17	Comporta ensecadeira	un	0
.12.16.24.23.56	Peças fixas extras	gl	0
.12.16.24.23.17	Comporta ensecadeira de jusante	un	0
.12.16.24.23.56	Peças fixas extras	gl	0
.12.16.24.17	Outros custos	gl	0
.12.17	BARRAGENS E DIQUES		0
.12.17.25	BARRAGENS E DIQUES DE TERRA E ENROCAMENTO	gl	0
.12.17.25.12	Escavação	m³	0
.12.17.25.12.10	Comum	m³	0
.12.17.25.12.10	Em jazida	m³	0
.12.17.25.12.11	Em rocha a céu aberto	m³	0
.12.17.25.12.11	Em pedreira	m³	0
.12.17.25.13	Limpeza e tratamento de fundação	gl	0
.12.17.25.24	Aterro compactado	m³	0
.12.17.25.25	Enrocamento	m³	0
.12.17.25.26	Núcleo de argila	m³	0
.12.17.25.29	Transições / Filtros	m³	0
.12.17.25.27	Revestimento do paramento / Face de concreto	gl	0
.12.17.25.27.13	Cimento	t	0
.12.17.25.27.14	Concreto sem cimento	m³	0
.12.17.25.27.15	Armadura	t	0
.12.17.25.32	Proteção de taludes	gl	0
.12.17.25.32.18	Talude de montante	m²	0
.12.17.25.32.19	Talude de jusante	m²	0
.12.17.25.17	Outros custos	%	0
.12.17.26	BARRAGENS DE CONCRETO	gl	0
.12.17.26.12	Escavação	m³	0
.12.17.26.12.10	Comum	m³	0
.12.17.26.12.11	Em rocha a céu aberto	m³	0
.12.17.26.13	Limpeza e tratamento de fundação	gl	0
.12.17.26.14	Concreto convencional	gl	0
.12.17.26.14.13	Cimento	t	0
.12.17.26.14.14	Concreto sem cimento	m³	0
.12.17.26.14.15	Armadura	t	0
.12.17.26.14	Concreto compactado com rolo	gl	0
.12.17.26.14.13	Cimento	t	0
.12.17.26.14.14	Concreto sem cimento	m³	0
.12.17.26.17	Outros custos	%	0
.12.17.27	TRANSIÇÕES E MUROS DE CONCRETO	gl	0
.12.17.27.12	Escavação	m³	0
.12.17.27.12.10	Comum	m³	0
.12.17.27.12.11	Em rocha a céu aberto	m³	0
.12.17.27.13	Limpeza e tratamento de fundação	gl	0
.12.17.27.14	Concreto	gl	0
.12.17.27.14.13	Cimento	t	0
.12.17.27.14.14	Concreto sem cimento	m³	0
.12.17.27.14.15	Armadura	t	0
.12.17.27.17	Outros custos	gl	0
.12.18	VERTEDOUROS		0
.12.18.28	VERTEDOUROS DE SUPERFÍCIE	gl	0
.12.18.28.12	Escavação	m³	0
.12.18.28.12.10	Comum	m³	0
.12.18.28.12.11	Em rocha a céu aberto	m³	0
.12.18.28.13	Limpeza e tratamento de fundação	gl	0

CAPÍTULO 5 | ESTUDOS FINAIS

.12.18.28.14	Concreto	gl	0
.12.18.28.14.13	Cimento	t	0
.12.18.28.14.14	Concreto sem cimento	m³	0
.12.18.28.14.15	Armadura	t	0
.12.18.28.23	Equipamento de Fechamento	gl	0
.12.18.28.23.16	Comportas e guinchos	un	0
.12.18.28.23.17	Comporta ensecadeira	un	0
.12.18.28.23.56	Peças fixas extras	gl	0
.12.18.28.23.20	Guindaste	un	0
.12.18.28.17	Outros custos	%	0
.12.18.29	VERTEDOUROS DE FUNDO E OUTROS	gl	0
.12.18.29.12	Escavação	m³	0
.12.18.29.12.10	Comum	m³	0
.12.18.29.12.11	Em rocha a céu aberto	m³	0
.12.18.29.13	Limpeza e tratamento de fundação	gl	0
.12.18.29.14	Concreto	gl	0
.12.18.29.14.13	Cimento	t	0
.12.18.29.14.14	Concreto sem cimento	m³	0
.12.18.29.14.15	Armadura	t	0
.12.18.29.23	Equipamento de Fechamento	gl	0
.12.18.29.23.16	Comportas e guinchos	un	0
.12.18.29.23.17	Comporta ensecadeira	un	0
.12.18.29.23.56	Peças fixas extras	gl	0
.12.18.29.23.20	Guindaste	un	0
.12.18.29.17	Outros custos	gl	0
.12.19	TOMADA D'ÁGUA E ADUTORAS		0
.12.19.30	TOMADA D'ÁGUA	gl	0
.12.19.30.12	Escavação	m³	0
.12.19.30.12.10	Comum	m³	0
.12.19.30.12.11	Em rocha a céu aberto	m³	0
.12.19.30.13	Limpeza e tratamento de fundação	gl	0
.12.19.30.14	Concreto	gl	0
.12.19.30.14.13	Cimento	t	0
.12.19.30.14.14	Concreto sem cimento	m³	0
.12.19.30.14.15	Armadura	t	0
.12.19.30.23	Equipamento de Fechamento	gl	0
.12.19.30.23.16	Comportas e guinchos	un	0
.12.19.30.23.17	Comporta ensecadeira	un	0
.12.19.30.23.56	Peças fixas extras	gl	0
.12.19.30.23.20	Guindaste	un	0
.12.19.30.23.21	Grades e Limpa-grades	gl	0
.12.19.30.17	Outros custos	%	0
.12.19.31	CANAL DE ADUÇÃO	gl	0
.12.19.31.12	Escavação	m³	0
.12.19.31.12.10	Comum	m³	0
.12.19.31.12.11	Em rocha a céu aberto	m³	0
.12.19.31.13	Limpeza e tratamento de fundação	gl	0
.12.19.31.14	Concreto	gl	0
.12.19.31.14.13	Cimento	t	0
.12.19.31.14.14	Concreto sem cimento	m³	0
.12.19.31.14.15	Armadura	t	0
.12.19.31.17	Outros custos	gl	0
.12.19.32	CONDUTO ADUTOR	gl	0
.12.19.32.12	Escavação	m³	0
.12.19.32.12.10	Comum	m³	0
.12.19.32.12.11	Em rocha a céu aberto	m³	0
.12.19.32.12.12	Subterrânea em rocha	m³	0
.12.19.32.13	Limpeza e tratamento de fundação	gl	0
.12.19.32.14	Concreto	gl	0
.12.19.32.14.13	Cimento	t	0
.12.19.32.14.14	Concreto sem cimento	m³	0
.12.19.32.14.15	Armadura	t	0
.12.19.32.17	Outros custos	gl	0
.12.19.33	CHAMINÉS DE EQUILÍBRIO	gl	0
.12.19.33.12	Escavação	m³	0
.12.19.33.12.10	Comum	m³	0
.12.19.33.12.11	Em rocha a céu aberto	m³	0
.12.19.33.12.12	Subterrânea em rocha	m³	0
.12.19.33.13	Limpeza e tratamento de fundação	gl	0

.12.19.33.14	Concreto	gl	0	
.12.19.33.14.13	Cimento	t	0	
.12.19.33.14.14	Concreto sem cimento	m³	0	
.12.19.33.14.15	Armadura	t	0	
.12.19.33.23	Equipamento	gl	0	
.12.19.33.23.23	Revestimento metálico	t	0	
.12.19.33.17	Outros custos	gl	0	
.12.19.34.	TÚNEL E / OU CONDUTO FORÇADO	gl	0	
.12.19.34.12	Escavação	m³	0	
.12.19.34.12.10	Comum	m³	0	
.12.19.34.12.11	Em rocha a céu aberto	m³	0	
.12.19.34.12.12	Subterrânea em rocha	m³	0	
.12.19.34.13	Limpeza e tratamento de fundação	gl	0	
.12.19.34.14	Concreto	gl	0	
.12.19.34.14.13	Cimento	t	0	
.12.19.34.14.14	Concreto sem cimento	m³	0	
.12.19.34.14.15	Armadura	t	0	
.12.19.34.23	Equipamento de Fechamento	gl	0	
.12.19.34.23.23	Revestimento metálico	gl	0	
.12.19.34.23.24	Válvula Borboleta	gl	0	
.12.19.34.23.24	Válvula Esférica	gl	0	
.12.19.34.17	Outros custos	gl	0	
.12.19.35	CANAL E / OU TÚNEL DE FUGA	gl	0	
.12.19.35.12	Escavação	m³	0	
.12.19.35.12.10	Comum	m³	0	
.12.19.35.12.11	Em rocha a céu aberto	m³	0	
.12.19.35.12.12	Subterrânea em rocha	m³	0	
.12.19.35.13	Limpeza e tratamento de fundação	gl	0	
.12.19.35.14	Concreto	gl	0	
.12.19.35.14.13	Cimento	t	0	
.12.19.35.14.14	Concreto sem cimento	m³	0	
.12.19.35.14.15	Armadura	t	0	
.12.19.35.17	Outros custos	gl	0	
.12.20 CONSTRUÇÕES ESPECIAIS				0
.12.20.36	ECLUSA E / OU PORTO	gl	0	
.12.20.36.12	Escavação	m³	0	
.12.20.36.12.10	Comum	m³	0	
.12.20.36.12.11	Em rocha a céu aberto	m³	0	
.12.20.36.13	Limpeza e tratamento de fundação	gl	0	
.12.20.36.14	Concreto	gl	0	
.12.20.36.14.13	Cimento	t	0	
.12.20.36.14.14	Concreto sem cimento	m³	0	
.12.20.36.14.15	Armadura	t	0	
.12.20.36.23	Equipamento de Fechamento	gl	0	
.12.20.36.23.25	Equipamento da eclusa	gl	0	
.12.20.36.17	Outros custos	gl	0	
.12.20.37	OUTRAS CONSTRUÇÕES ESPECIAIS	gl	0	
Subtotal obras civis				0
Subtotal equipamentos				0
.12.27.98	EVENTUAIS DA CONTA .12 obras civis	%	0	
.12.27.99	EVENTUAIS DA CONTA .12 equipamentos	%	0	
.13. TURBINAS E GERADORES				0
.13.13.00.23.17	Comporta ensecadeira	un	0	
.13.13.00.23.20	Guindaste	un	0	
.13.13.00.23.28	Turbinas	un	0	
.13.13.00.23.29	Geradores	un	0	
.13.13.00.23.56	Peças fixas extras	gl	0	
Subtotal da conta .13				0
.13.27	EVENTUAIS DA CONTA .13	%	0	

CAPÍTULO 5 | ESTUDOS FINAIS

.14.	EQUIPAMENTO ELÉTRICO ACESSÓRIO		0
.14.00.00.23.30	Equipamento Elétrico Acessório	%	0
	Subtotal da conta .14		0
.14.27	EVENTUAIS DA CONTA .14	%	0
.15.	DIVERSOS EQUIPAMENTOS DA USINA		0
.15.13.00.23.20	Ponte rolante	un	0
.15.13.00.23.20	Pórtico rolante	un	0
.15.00.00.23.31	Equipamentos diversos	%	0
	Subtotal da conta .15		0
.15.27	EVENTUAIS DA CONTA .15	%	0
.16.	ESTRADAS DE RODAGEM, DE FERRO E PONTES		0
.16.00.14	ESTRADAS DE RODAGEM	km	0
.16.00.15	ESTRADAS DE FERRO	km	0
.16.00.16	PONTES	m²	0
.16.00.17	AEROPORTO	gl	0
	Subtotal da conta .16		0
.16.27	EVENTUAIS DA CONTA .16	%	0
	CUSTO DIRETO TOTAL		0
.17.	CUSTOS INDIRETOS		0
.17.21	CANTERO E ACAMPAMENTO		0
.17.21.38	CONSTRUÇÕES DO CANTERO E ACAMPAMENTO	gl	0
.17.21.39	MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DO CANTERO E ACAMPAMENTO	gl	0
.17.22	ENGENHARIA E ADMINISTRAÇÃO DO PROPRIETÁRIO		0
.17.22.40	ENGENHARIA	%	0
.17.22.41	ADMINISTRAÇÃO DO PROPRIETÁRIO	%	0
	Subtotal da conta .17		0
.17.27	EVENTUAIS DA CONTA .17	%	0
	CUSTO DIRETO E INDIRETO		0
.18.	JUROS DURANTE A CONSTRUÇÃO	%	0
	CUSTO TOTAL COM JDC		0
	Potência instalada	kW	
	Custo em R\$ x 1.000/kW		

5.7 DIMENSIONAMENTO E ESTIMATIVAS DE CUSTO DOS APROVEITAMENTOS

Neste item, são apresentados basicamente os procedimentos para dimensionamento de estruturas e equipamentos e quantificação de serviços de obras civis. A maior parte dos critérios está apresentada no item 5.5, juntamente com as orientações relacionadas à concepção de arranjos gerais.

5.7.1 Terrenos, Servidões e Outras Ações Socioambientais

Deverão ser observados os mesmos procedimentos indicados no item 4.10.1. para a estimativa dos custos socioambientais. Os quantitativos e preços unitários, assim como os critérios indicados, deverão ser revistos, incorporando resultados de levantamentos de campo e dos estudos realizados. O nível de aprofundamento e detalhamento destas estimativas deverá ser compatível com as orientações gerais estabelecidas para cada estudo de inventário, considerando as características da bacia estudada e as interferências socioambientais previstas.

Assim, nos casos de estudos mais complexos, em bacias com maior extensão territorial com aproveitamentos de maior porte, recomenda-se um rigor maior nas estimativas dos custos socioambientais. Igual atenção deve ser dispensada a bacias localizadas em ecossistemas “especiais” ou “protegidos por lei”, em especial as bacias localizadas na região amazônica.

5.7.2 Casa de Força

O texto deste item está organizado da seguinte forma:

- Geral, que trata da parte comum do dimensionamento.
- Casa de força equipada com turbinas Pelton.
- Casa de força equipada com turbinas Francis de eixo vertical.
- Casa de força equipada com turbinas Francis de eixo horizontal.
- Casa de força equipada com turbinas Kaplan com caixa espiral de aço.
- Casa de força equipada com turbinas Kaplan com caixa semi-espiral de concreto.
- Casa de força equipada com turbinas Bulbo.

Para dimensionar a casa de força e seus equipamentos recomenda-se utilizar uma das planilhas abaixo, baseadas no tipo de turbina selecionado nos estudos preliminares:

- 572p.xls – para casa de força equipada com turbinas Pelton.
- 572fv.xls – para casa de força equipada com turbinas Francis de eixo vertical.
- 572fh.xls – para casa de força equipada com turbinas Francis de eixo horizontal.
- 572ka.xls – para casa de força equipada com turbinas Kaplan com caixa espiral de aço.
- 572kc.xls – para casa de força equipada com turbinas Kaplan com caixa semi-espiral de concreto.
- 572b.xls – para casa de força equipada com turbinas Bulbo.

GERAL**Dados Básicos**

As principais informações utilizadas para dimensionamento da turbina vêm dos itens 4.6 e 5.3 e são as seguintes:

- Potência instalada inicial, P' em MW.
- Queda líquida máxima, H_1 em m, do item 4.6.
- Nível d'água normal do canal de fuga, NA_{fu} , do item 4.6.
- Nível d'água mínimo do canal de fuga, NA_{nfu} , do item 4.6.
- Fator de potência, f_p , 0,90, na ausência de melhores informações.
- Rendimento médio do gerador, η_g , do item 4.6.
- Rendimento médio da turbina, η_t , do item 4.6.
- Temperatura média da água no verão, T em °C.
- Frequência do sistema elétrico, f em Hz, 60 Hz no caso do Brasil.

As principais informações para quantificação estão relacionadas para cada tipo de turbina.

Tipo de Turbina

A seleção do tipo de turbina poderá ser feita diretamente a partir do Gráfico 5.7.2.01, em função da queda líquida máxima e da potência unitária da turbina, ou pelas seguintes expressões equivalentes (Eletrosul, 1996):

- Para Pelton: $150 \leq H_1 \leq 1500$ m
- Para Francis de eixo vertical: $27 \leq H_1 \leq 600$ m
- Para Francis de eixo horizontal: $27 \leq H_1 \leq 350$ m
- Para Kaplan: $8 \leq H_1 \leq 70$ m
- Para Bulbo: $4 \leq H_1 \leq 23$ m

Para quedas onde é possível adotar mais de um tipo de turbina, a seleção deverá ser feita levando em consideração características técnicas e operacionais do equipamento de geração e também custos e benefícios associados a cada tipo.

Número de Unidades e Potências

O valor inicial da potência total do conjunto das turbinas, P'_t (kW), é dada pela expressão:

$$P'_t = \frac{1000 \times P'}{\eta_g}$$

onde:

P' Potência instalada inicial, em MW. e

η_g Rendimento médio do gerador.

O número de unidades geradoras, N_g , é dado pela expressão:

$$N_g = \text{int} \left(\frac{P'_t}{1000 \times P_{1xt}} + 0,999 \right) \geq 2$$

sendo:

- Para turbinas tipo **Pelton**:

$$150 \leq H_1 \leq 200 \text{ m: } P_{1xt} = 4,6 \times 10^{-14} \times H_1^{6,4526}$$

$$200 \leq H_1 \leq 380 \text{ m: } P_{1xt} = 2,0 \times 10^{-5} \times H_1^{2,691}$$

$$380 \leq H_1 \leq 750 \text{ m: } P_{1xt} = 0,5397 \times H_1^{0,978}$$

$$750 \leq H_1 \leq 950 \text{ m: } P_{1xt} = 350$$

$$950 \leq H_1 \leq 1.500 \text{ m: } P_{1xt} = 3,331 \times 10^9 \times H_1^{-2,3436}$$

- para turbinas tipo **Francis com eixo vertical**:

$$27 \leq H_1 \leq 46 \text{ m: } P_{1xt} = 1,55 \times 10^{-10} \times H_1^{7,3423}$$

$$46 \leq H_1 \leq 110 \text{ m: } P_{1xt} = 2,0076 \times H_1^{1,2601}$$

$$110 \leq H_1 \leq 200 \text{ m: } P_{1xt} = 750$$

$$200 \leq H_1 \leq 600 \text{ m: } P_{1xt} = 440.010 \times H_1^{-1,2031}$$

- para turbinas tipo **Francis com eixo horizontal**:

$$27 \leq H_1 \leq 115 \text{ m: } P_{1xt} = 0,1554 \times H_1^{1,0531}$$

$$115 \leq H_1 \leq 350 \text{ m: } P_{1xt} = 23,0$$

- para turbinas tipo **Kaplan**:

$$8 \leq H_1 \leq 12 \text{ m: } P_{1xt} = 0,25 \times H_1^{2,1072}$$

$$12 \leq H_1 \leq 20 \text{ m: } P_{1xt} = 0,2324 \times H_1^{2,1367}$$

$$20 \leq H_1 \leq 30 \text{ m: } P_{1xt} = 10,04 \times H_1^{0,8797}$$

$$30 \leq H_1 \leq 50 \text{ m: } P_{1xt} = 200$$

$$50 \leq H_1 \leq 70 \text{ m: } P_{1xt} = 632.384 \times H_1^{-2,06}$$

- para turbinas tipo **Bulbo**:

$$4,0 \leq H_1 \leq 5,5 \text{ m: } P_{1xt} = 0,3516 \times H_1^{2,5465}$$

$$5,5 \leq H_1 \leq 15,5 \text{ m: } P_{1xt} = 4,52 \times H_1^{1,0484}$$

$$15,5 \leq H_1 \leq 23,0 \text{ m: } P_{1xt} = 80$$

onde:

H_1	Queda líquida máxima, em m
P'_t	Potência total inicial das turbinas, em kW
P_{1xt}	Potência unitária máxima da turbina para a queda disponível, em MW (Eletrosul, 1996)
$\text{int}(x)$	Função que retorna com a parte inteira de x

A potência inicial de uma unidade geradora, P'_1 (MW), é dada pela expressão:

$$P'_1 = \frac{P'}{N_g} \geq \eta_g \times P_{1nt}$$

sendo:

- Para turbinas tipo **Pelton**: $P_{1nt} = 5$

- Para turbinas tipo **Francis com eixo vertical**:

$$27 \leq H_1 \leq 200 \text{ m: } P_{1nt} = 5$$

$$200 \leq H_1 \leq 350 \text{ m: } P_{1nt} = 0,0071 \times H_1^{1,2386}$$

$350 \leq H_1 \leq 600$ m: $P_{1nt} = 8,36 \times 10^{-6} \times H_1^{2,5312}$

- para turbinas tipo **Francis com eixo horizontal**:

$27 \leq H_1 \leq 200$ m: $P_{1nt} = 5$

$200 \leq H_1 \leq 350$ m: $P_{1nt} = 0,0071 \times H_1^{1,2386}$

- para turbinas tipo **Kaplan**:

$8 \leq H_1 \leq 50$ m: $P_{1nt} = 5$

$50 \leq H_1 \leq 70$ m: $P_{1nt} = 0,0016 \times H_1^{2,06}$

- para turbinas tipo **Bulbo**:

$4 \leq H_1 \leq 23$ m: $P_{1nt} = 5$

onde:

P'	Potência instalada inicial, em MW
N_g	Número de unidades geradoras
H_1	Queda líquida máxima, em m
η_g	Rendimento médio do gerador
P_{1nt}	Potência unitária mínima da turbina para a queda disponível, em MW (Eletrosul, 1996)

A potência de uma unidade geradora, P_1 (MW), é dada pela expressão:

$$P_1 = k_p \times \text{int} \left(\frac{P_1'}{k_p} + 0,5 \right)$$

sendo:

k_p	Para
0,1	$P_1' \leq 10\text{MW}$
0,5	$10 < P_1' \leq 80\text{MW}$
1,0	$P_1' > 80\text{MW}$

onde:

P_1'	Potência inicial de uma unidade geradora, em MW
k_p	Coefficiente arredondador

A potência instalada, P (MW), é dada pela expressão:

$$P = P_1 \times N_g$$

P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
N_g	Número de unidades geradoras

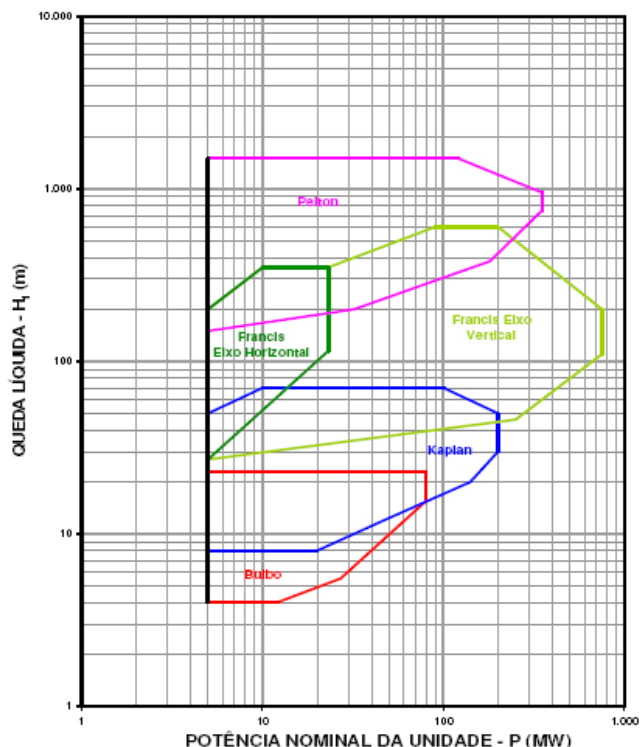


Gráfico 5.7.2.01 Seleção do tipo e da potência máxima das unidades.

DIMENSÕES DA CASA DE FORÇA EQUIPADA COM TURBINAS PELTON

Outras informações utilizadas para dimensionamento são:

- Espaçamento livre entre as unidades geradoras, definido pelo projetista, d_1 em m.
- Espaçamento livre no sentido do fluxo a montante e a jusante da unidade geradora, definido pelo projetista, d_2 em m.

As principais informações para quantificação são as seguintes:

- Cota média do terreno na área da casa de força, El_{tc} , para casas de força externas.
- Espessura média da camada de terra na área da casa de força, e_{tc} em m, para casas de força externas.
- Nível d'água máximo no canal de fuga, NA_{xfu} , para casas de força externas.
- Volume de escavação em rocha a céu aberto, abaixo da cota do pátio da área de montagem, determinado a partir do projeto, V_{rcf} em m^3 , para casas de força externas.
- Comprimento de tratamento de fundação, L_{tf} em m.
- Volume de concreto, V_{ccf} em m^3 .

Velocidades

A velocidade específica inicial, n'_s , é obtida no Gráfico 5.7.2.02 em função da queda líquida máxima ou pelas expressões equivalentes (Eletrosul, 1996):

Para $150 \leq H_1 \leq 1.500$ m: $n'_s = 0,01036 \times (2560 - H_1) \times j^{0,5}$

sendo:

j	Vazão máxima de cada turbina (m^3/s)
1	$Q_1 < 3,0$
2	$3,0 \leq Q_1 < 7,0$
3	$7,0 \leq Q_1 < 10,0$

j	Vazão máxima de cada turbina (m³/s)
4	10,0 ≤ Q ₁ < 14,0
5	14,0 ≤ Q ₁ < 20,0
6	Q ₁ ≥ 20,0

$$Q_t = \frac{10^6 \times P_1}{k \times H_1}$$

Sendo: $k = \rho \times g \times \eta_{t1} \times \eta_{g1}$ $\eta_{t1} = 0,89$ e $\eta_{g1} = 0,95$

onde:

H ₁	Queda líquida máxima, em m
j	Número de injetores
Q ₁	Vazão máxima de cada turbina, em m³/s
P ₁	Potência de uma unidade geradora, em MW
k	Coefficiente
ρ	1.000 kg/m³ – massa específica da água
η _{t1}	Rendimento da turbina para queda líquida máxima
η _{g1}	Rendimento do gerador para queda líquida máxima
g	9,81 m/s² – aceleração da gravidade

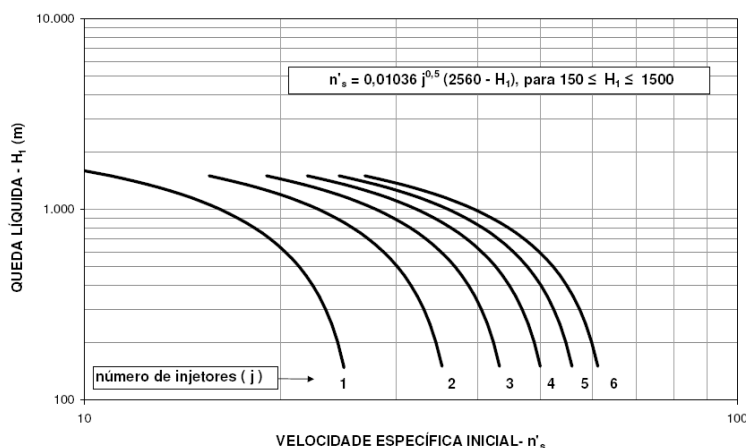


Gráfico 5.7.2.02 Velocidade específica inicial.

A posição do eixo da turbina é dada pela tabela:

Posição	Vazão máx. de cada turb. (m³/s)
horizontal	Q ₁ < 7,0
vertical	Q ₁ ≥ 7,0

onde:

Q ₁	Vazão máxima de cada turbina, em m³/s
----------------	---------------------------------------

A velocidade inicial, n' (rpm), é dada pela expressão:

$$n' = \frac{n'_{sj} \times H_1^{1,25}}{P_{1tj}^{0,5}}$$

sendo:

$$n'_{sj} = \frac{n'_{sj}}{j^{0,5}} \quad \text{e} \quad P_{1tj} = \frac{1000 \times P_1}{\eta_g \times j}$$

onde:

n'_{sj}	Velocidade específica inicia por injetor
H_1	Queda líquüida máxima, em m
P_{1ij}	Potência por injetor da turbina, em kW
n'_s	Velocidade específica inicial
P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
η_g	Rendimento do gerador para queda líquüida máxima
j	Número de injetores

O número de pólos do gerador, p , é obtido a partir do Quadro 5.7.2.01, em função da velocidade inicial, ou pelas expressões equivalentes:

$$\text{Para } n' \geq 1,2 \times f : p = 2 \times \text{int} \left(120 \times \frac{f}{n'} \times \frac{1}{2} + 0,5 \right)$$

e diferente de 54, 74 e 94

$$\text{Para } n' < 1,2 \times f : p = 4 \times \text{int} \left(120 \times \frac{f}{n'} \times \frac{1}{4} + 0,5 \right)$$

onde:

f	Frequência do sistema elétrico, em Hz
n'	Velocidade inicial, em rpm
$\text{int}(x)$	Função que retorna com a parte inteira de x

Quadro 5.7.2.01 – Definição da velocidade síncrona

Número de pólos do gerador	Velocidade Síncrona		Número de pólos do gerador	Velocidade Síncrona	
	50 Hz	60 Hz		50 Hz	60 Hz
6	1000	1200	60	100,0	120,0
8	750,0	900,0	62	96,8	116,1
10	600,0	720,0	64	93,75	112,5
12	500,0	600,0	66	90,91	109,09
14	428,57	514,29	68	88,24	105,88
16	375,0	450,0	70	85,71	102,86
18	333,33	400,0	72	83,33	100,0
20	300,0	360,0	76	78,95	94,74
22	272,73	327,27	78	76,92	92,31
24	250,0	300,0	80	75,00	90
26	230,77	276,92	82	73,17	87,80
28	214,29	257,14	84	71,43	85,71
30	200,0	240,0	86	69,77	83,72
32	187,50	225,0	88	68,18	81,82
34	176,47	211,8	90	66,67	80,0
36	166,67	200,0	92	65,22	78,26
38	157,89	189,47	96	62,50	75,0
40	150,0	180,0	98	61,2	73,5
42	142,86	171,43	100	60,00	72,0
44	136,36	163,64	104	57,69	69,23
46	130,43	156,52	108	55,56	66,67
48	125,0	150,0	112	53,57	64,29
50	120,0	144,0	116	51,72	62,07
52	115,38	138,46	120	50,0	60,0
56	107,14	128,57	124	48,39	58,06

Número de pólos do gerador	Velocidade Síncrona		Número de pólos do gerador	Velocidade Síncrona	
	50 Hz	60 Hz		50 Hz	60 Hz
58	103,45	124,14	128	46,88	56,25
60	100,0	120,0	132	45,45	54,55

Notas:

- Aconselhável consultar fabricantes de geradores, antes de adotar o número de pólos destacado em negrito.
- Para turbinas tipo Francis de eixo vertical e com vazão turbinada unitária máxima superior a 20m³/s e para demais aplicações de turbinas, se a velocidade inicial for inferior a 300rpm para sistema em 60Hz ou 250rpm para 50Hz, selecionar número de pólos correspondente à velocidade síncrona imediatamente superior.
- Ainda para turbinas tipo Francis de eixo vertical e com vazão turbinada unitária máxima superior a 20m³/s ou para turbinas tipo Pelton, se a velocidade inicial for igual ou superior a 300rpm para sistema em 60Hz ou 250rpm para 50Hz, selecionar número de pólos correspondente à velocidade síncrona imediatamente inferior quando a velocidade calculada estiver no intervalo compreendido entre a velocidade síncrona imediatamente inferior e a velocidade correspondente a 75% da diferença entre a velocidade síncrona imediatamente superior e a velocidade síncrona imediatamente inferior mais a velocidade síncrona inferior. Deste ponto para cima, selecionar número de pólos correspondente à velocidade síncrona imediatamente superior.
- Para turbinas tipo Francis de eixo vertical e com vazão turbinada unitária máxima igual ou inferior a 20m³/s ou tipo Francis de eixo horizontal, selecionar número de pólos correspondente à velocidade síncrona imediatamente inferior à calculada.

A velocidade síncrona, n (rpm), é dada pela expressão:

$$n = 120 \times \frac{f}{p}$$

onde:

f	Frequência do sistema elétrico, em Hz
p	Número de pólos do gerador

A velocidade específica por injetor, n_{sj}, é dada pela expressão:

$$n_{sj} = \frac{n_s}{j^{0,5}}$$

sendo: $n_s = n \times H_1^{-1,25} \times P_{1ij}^{0,5}$

onde:

n _s	Velocidade específica
j	Número de injetores
N	Velocidade síncrona, em rpm
H ₁	Queda líquida máxima, em m
P _{1ij}	Potência por injetor da turbina, em kW

Diâmetro e posição do rotor da turbina

O coeficiente de velocidade periférica, K_u, é obtido no Gráfico 5.7.2.03 em função da velocidade específica ou pela expressão equivalente (De Siervo & Lugaresi, 1978):

$$K_u = 0,5445 - 0,0039 \times n_{sj}$$

onde:

n_{sj}	Velocidade específica por injetor
----------	-----------------------------------

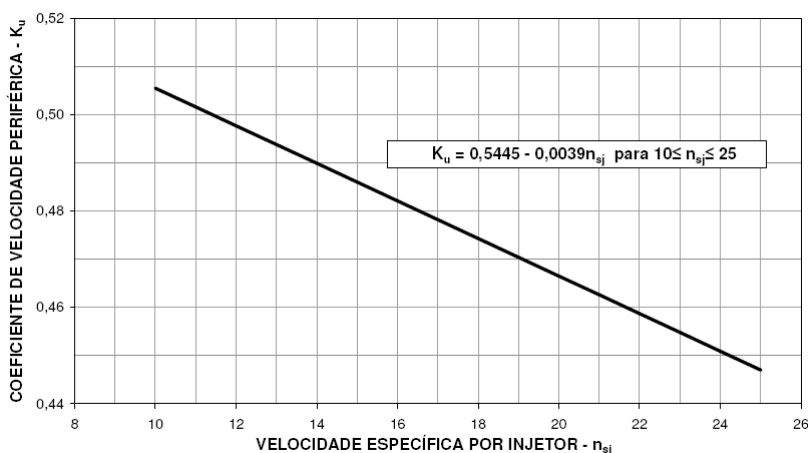


Gráfico 5.7.2.03 – Coeficiente de velocidade periférica.

O diâmetro da linha de centro do jato, D_2 (m), é dado pela expressão:

$$D_2 = 0,01 \times \text{int} \left(84,5 \times K_u \times \frac{H_1^{0,5}}{n} \times \frac{1}{0,01} + 0,5 \right)$$

onde:

K_u	Coeficiente de velocidade periférica
H_1	Queda líquida média, em m
n	Velocidade síncrona

A cota de implantação do eixo da turbina, E_{ld} (m) é dada por:

$$E_{ld} = \frac{NA_{nfu} + NA_{xfu}}{2}$$

onde:

NA_{nfu}	n.a. normal do canal de fuga
NA_{xfu}	n.a. máximo do canal de fuga

Dimensões da caixa espiral e do tubo de sucção

As dimensões da turbina são dadas pelas seguintes expressões (Eletrosul, 1996). As dimensões estão referidas nas Figuras 5.7.2.01 e 5.7.2.02.

$$\begin{aligned} D_3 &= (1,028 + 0,0137 \times n_{sj}) \times D_2 & L &= 0,78 + 2,06 \times D_3 \\ F &= 1,09 + 0,71 \times L & G &= 0,196 + 0,376 \times L \\ H &= 0,62 + 0,513 \times L & I &= 1,28 + 0,37 \times L \\ B &= 0,595 + 0,694 \times L & C &= 0,362 + 0,68 \times L \\ D &= -0,219 + 0,70 \times L & E &= 0,43 + 0,70 \times L \end{aligned}$$

onde:

D_3, A, B, C, D, E	Dimensões da turbina, em m
F, G, H, I, L	Dimensões da câmara blindada, em m
D_2	Dimensões da linha de centro do jato, em m

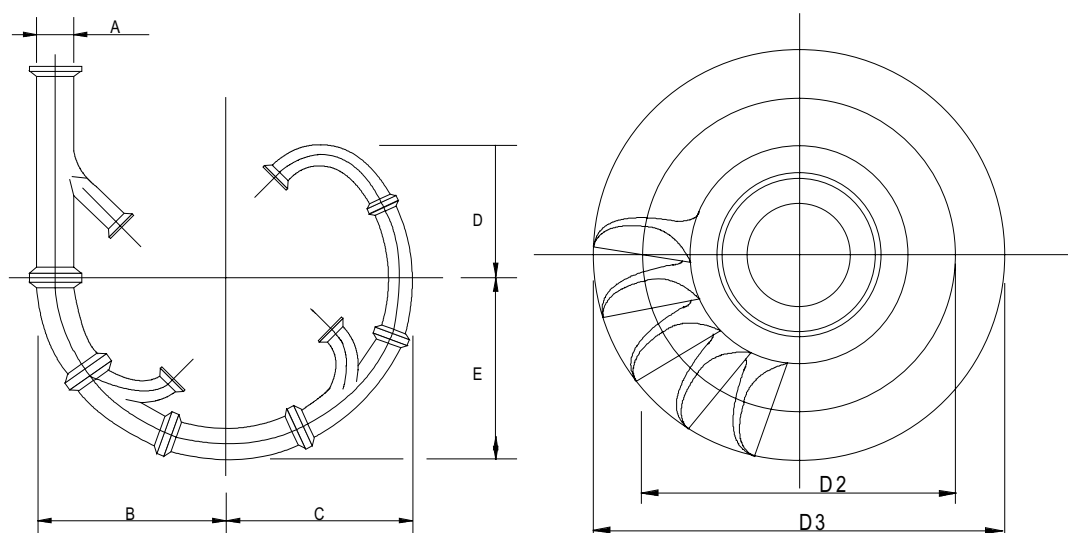


Figura 5.7.2.01 – Planta dos bicos injetores e rotor – Turbina Pelton.

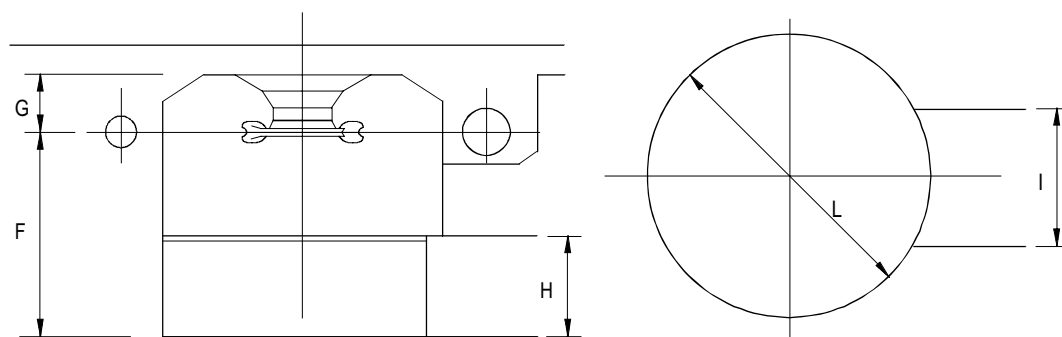


Figura 5.7.2.02 – Planta e corte da câmara blindada – Turbina Pelton.

Dimensões da Casa de Força

A largura de bloco da unidade da casa de força no sentido transversal ao fluxo, B_{1cf} (m), é dada pela expressão:

$$B_{1cf} = B + C + d_1$$

onde:

B, C	Dimensões do bico injetor, em m
d_1	Espaçamento entre unidades geradoras definido pelo projetista, em m

A largura total da casa de força, B_{cf} (m), sem incluir a área de montagem, é dada pela expressão:

$$B_{cf} = N_g \times B_{1cf} + 2,0$$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
B_{1cf}	Largura de bloco da unidade da casa de força, em m

A largura da área de montagem dos equipamentos, B_{am} (m), é dada pela expressão:

$$\text{para } N_g \leq 3: B_{am} = 1,5 \times B_{1cf}$$

$$\text{para } N_g > 3: B_{am} = 2,25 \times B_{1cf}$$

onde:

B_{1cf}	Largura de bloco da unidade da casa de força, em m
N_g	Número de unidades geradoras.

O comprimento da superestrutura, L_{cs} (m), é dado pela expressão:

$$L_{cs} = D + E + d_2$$

onde:

D, E	Dimensões do bico injetor, em m
d_2	Espaçamento na direção do fluxo a montante e a jusante da unidade geradora definido pelo projetista, em m

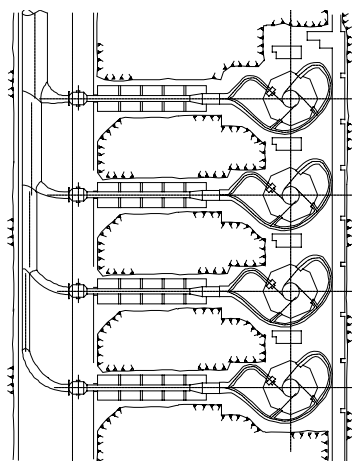


Figura 5.7.2.03 – Planta da casa de válvulas, casa de força e área de montagem – Turbina Pelton.

Escavação Comum (conta .11.13.00.12.10)

O volume de escavação comum, V_{tcf} (m^3), na casa de força externa é dado pela expressão:

$$V_{tcf} = (B_{cf} + B_{am} + 2 \times B_{1cf} + 2 \times 0,6 \times h_r) \times L_{cs} \times e_{te}$$

sendo: $h_r = El_{te} - e_{te} - (NA_{xfu} + 1,5)$

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, em m
B_{am}	Largura da área de montagem, em m
B_{1cf}	Largura de bloco da unidade da casa de força, em m
h_r	Profundidade média de escavação em rocha acima da cota do pátio da área de montagem, em m
L_{cs}	Comprimento da super estrutura, em m
e_{te}	Espessura média da camada de terra na área da casa de força, em m
El_{te}	Cota média do terreno na área da casa de força
NA_{xfu}	Nível d'água máximo no canal de fuga

O volume de escavação comum, V_{tcf} (m^3), na casa de força subterrânea é dado pela expressão:

$$V_{tcf} = 0$$

O preço unitário de escavação comum é de R\$ 7,60/ m^3 na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da casa de força. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- Quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%.

- Quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço unitário poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (conta .11.13.00.12.11)

O volume de escavação em rocha, V_{rcf} (m^3), na casa de força externa deverá ser determinado a partir do projeto.

O preço unitário de escavação em rocha é de R\$21,00/ m^3 na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da casa de força. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- Quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%.
- Quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço unitário poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado.

Escavação Subterrânea em Rocha (conta .11.13.00.12.12)

O volume de escavação subterrânea em rocha, V_{scf} (m^3), na casa de força subterrânea é dado pela expressão, na ausência de melhores informações:

$$V_{scf} = B_{cf} \times L_{cs} \times 2 \times L_{cs} + B_{am} \times L_{cs} \times L_{cs}$$

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força (transversal ao fluxo), em m
L_{cs}	Comprimento (no sentido do fluxo) da superestrutura da casa de força, em m
B_{am}	Largura da área de montagem, em m

O preço unitário de escavação subterrânea em rocha, P_{us} (R\$/ m^3), válido para data base dezembro de 2006 e aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 33, Anexo B, em função da área da seção de escavação). Este valor, correspondente ao preço por metro cúbico medido na linha de projeto, inclui escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga:

$$\text{válido para } 4 \leq A_{se} \leq 300: P_{us} = 474,08 \times A_{se}^{-0,3987}$$

$$\text{sendo: } A_{se} = L_{cs}^2$$

onde:

A_{sc}	Área da seção de escavação, em m^2
L_{cs}	Comprimento da superestrutura da casa de força, em m

Uma avaliação cuidadosa deverá ser realizada, para situações distintas nas quais a escavação subterrânea forma uma parcela representativa do orçamento, verificando-se principalmente as condições geológicas da região. De um modo geral, para situações que envolvam condições geológicas caracterizadas como ruins, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 30%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (conta .11.13.00.13)

A área de limpeza da fundação, A_{lf} (m²), é dada pela expressão:

$$A_{lf} = (B_{cf} + B_{am}) \times L_{cs}$$

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, em m
B_{am}	Largura da área de montagem, em m
L_{cs}	Comprimento da superestrutura da casa de força, em m

A profundidade dos furos do tratamento de fundação deverá ser determinado a partir do projeto.

Os preços unitários dos serviços correspondentes a limpeza e tratamento de fundação – expressos em reais, válidos para data base dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste – incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/m²
- Furo roto-percussivo: 168,00/m
- Injeção com calda de cimento: 72,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado.

Concreto (conta .11.13.00.14)

O volume de concreto deverá ser determinado a partir do projeto.

O preço unitário do cimento é de R\$348,00/t na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da armadura é de R\$4.327,00/t na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

O preço unitário do concreto sem cimento expresso em reais por metro cúbico do volume da casa de força e válido para data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Concreto da infra-estrutura e paredes extremas: 214,00/m³
- Concreto dental: 113,00/m³
- Concreto da superestrutura: 214,00/m³

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressivas, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobilização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço unitário do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado.

Instalações e acabamentos (conta .11.13.00.15)

O custo das instalações e acabamento, C_{ia} (R\$), que engloba todos os serviços necessários ao acabamento da casa de força, tais como: paredes divisórias, revestimentos, instalações, esquadrias, vidros,

dentre outros, é obtido como um custo global pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 20, em função da potência instalada) e válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996a):

$$\text{Válido para } 30 \leq P \leq 1.450 \text{ MW: } C_{ia} = 6.150 \times P^{1 + \frac{15,34}{P}}$$

onde:

P	Potência instalada, em MW
---	---------------------------

Benfeitorias na Área da Usina (conta .11.12)

O custo das benfeitorias na área da usina, C_{bau} (R\$), que engloba serviços relativos à execução de estradas internas de acessos às estruturas, construção de guaritas e cercas, tratamento paisagístico, dentre outros, é obtido como um custo global pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 19, Anexo B, em função da potência instalada), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996a):

$$\text{Válido para } 30 \leq P \leq 1.450 \text{ MW: } C_{bau} = 1.565 + \left(\frac{772.973}{P} \right)$$

onde:

P	Potência instalada, em MW
---	---------------------------

Vila de Operadores (conta .11.14)

Este custo será incluído no do acampamento (conta .17.21).

Turbinas (conta .13.13.00.23.28)

O custo de aquisição de cada turbina Pelton deverá ser obtido através de consulta a fabricantes.

Comportas Ensecadeiras do Tubo de Sucção (conta .13.13.00.23.16)

Não há tubo de sucção.

Geradores (conta .13.13.00.23.29)

O custo de aquisição de cada gerador de eixo horizontal, C_{gh} (R\$), ou de eixo vertical, C_{gv} (R\$), que inclui o gerador e equipamentos associados – custo FOB, custo de aquisição do equipamento sem inclusão de custos de transporte e seguro, montagem e testes e provisões para impostos e taxas incidentes conforme legislação tributária vigente – é obtido pelas expressões abaixo (ou no Gráfico B 14 ou Gráfico B 16, Anexo B, em função da potência do gerador e da sua velocidade síncrona), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento:

- Para gerador de eixo horizontal:

$$\text{válido para } 0,0004 \leq \lambda \leq 0,0483: C_{gh} = 29580(\lambda)^{0,6323}$$

- Para gerador de eixo vertical:

$$\text{válido para } 0,0329 \leq \lambda \leq 1,9834: C_{gv} = 42280(\lambda)^{0,6298}$$

$$\text{sendo: } \lambda = \frac{P_2}{n} \text{ e } P_2 = \frac{P_1}{f_p}$$

onde:

P_2	Potência de um gerador, em MVA
-------	--------------------------------

λ	Torque magnético, em MVA/rpm
-----------	------------------------------

n	Velocidade síncrona, em rpm
P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
f_p	Fator de potência

Ao custo FOB, deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro.
- 8,0%: para montagem e testes.
- 28,0%: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Guindaste do Tubo de Sucção (conta .13.13.00.23.20)

Não há tubo de sucção.

Equipamento Elétrico Acessório (conta .14.00.00.23)

O custo de aquisição do equipamento elétrico acessório deve ser considerado como igual a 18% do custo global da Conta .13 – Turbinas e Geradores.

Guindaste e Ponte Rolante (conta .15.13.00.23.20)

O sistema de movimentação de cargas é, em geral, uma ponte rolante interna. O custo de aquisição da ponte, C_{prh} (R\$), – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 17, Anexo B, em função da relação entre a potência de um gerador e a velocidade síncrona), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

válido para $68,9 \leq z \leq 4.582$: $C_{prv} = 25,12 \times z^{0,6961}$

sendo: $z = 1000 \times \frac{P_2}{n}$

onde:

z	Parâmetro, em kVA/rpm
P_2	Potência de um gerador, em MVA
n	Velocidade síncrona, em rpm

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Equipamentos Diversos (conta .15.00.00.23.31)

O custo de aquisição dos equipamentos diversos deve ser considerado como igual a 6% do custo global da Conta .13 – Turbinas e Geradores.

CASA DE FORÇA EQUIPADA COM TURBINAS FRANCIS DE EIXO VERTICAL

As principais informações para quantificação são as seguintes:

- Cota média do terreno na área da casa de força, El_{tc} , em m.
- Espessura média da camada de terra na área da casa de força, e_{te} , em m.
- Volume de concreto correspondente à escavação adicional necessária por fundação deficiente, V_{cd} , em m^3 .
- Volume de concreto resultante de modificações no projeto para nível d'água máximo do canal de fuga superior à cota do piso do gerador, V_{cn} , em m^3 .
- Tipo de casa de força.
- Nível d'água máximo do canal de fuga, NA_{xfu} , do item 5.1.2.

Velocidades

A velocidade específica inicial, n'_s , é obtida no Gráfico 5.7.2.04 em função da queda líquida máxima ou pelas expressões equivalentes (Eletrosul, 1996):

para $27 \leq H_1 \leq 358,06$ m: $n'_s = 95,2 \times \ln\left(\frac{1006}{H_1}\right)$ e para $358,06 < H_1 \leq 600$ m: $n'_s = 2772 \times H_1^{-0,568}$

sendo:

$$Q_1 = \frac{10^6 \times P_1}{k \times H_1} \qquad k = \rho \times g \times \eta_{tt} \times \eta_{g1}$$

$$\eta_{tt} = 0,856 \times Q_1^{0,013} \qquad \eta_{g1} = 0,92 \times P_2^{0,01}$$

$$P_2 = \frac{P_1}{f_p}$$

onde:

Q_1	Vazão turbinada máxima de cada turbina, em m ³ /s
H_1	Queda líquida máxima, em m
P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
k	Coefficiente
ρ	1.000 kg/m ³ – massa específica da água
η_{tt}	Rendimento da turbina para queda líquida máxima
η_{g1}	Rendimento do gerador para queda líquida máxima
g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
P_2	Potência de um gerador, em MVA
f_p	Fator de potência

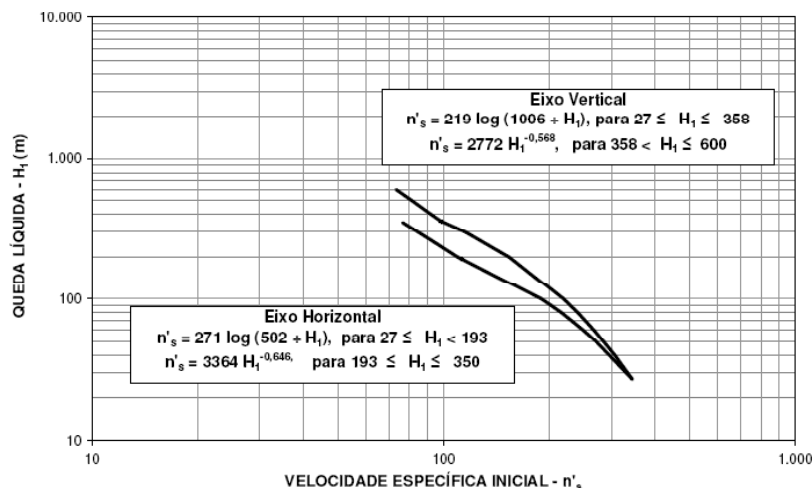


Gráfico 5.7.2.04 Velocidade específica inicial – Turbinas Francis

A velocidade inicial, n' (rpm), é dada pela expressão:

$$n' = n'_s \times H_1^{1,25} \times P_{1t}^{-0,5}$$

sendo: $P_{1t} = \frac{10^3 \times P_1}{\eta_g}$

onde:

n'_s	Velocidade específica inicial
H_1	Queda líquüida máxima, em m
P_{1t}	Potência unitária da turbina, em kW
P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
η_g	Rendimento do gerador para queda líquüida máxima

O número de pólos do gerador, p , é obtido a partir do Quadro 5.7.2.01, em função da velocidade inicial e vazão turbinada unitária máxima, ou pelas expressões equivalentes:

$$\text{para } n' \geq 5 \times f: p = 2 \times \text{int} \left(120 \times \frac{f}{n'} \times \frac{1}{2} + 0,778 \right)$$

$$\text{para } 1,2 \times f \leq n' < 5 \times f: p = 2 \times \text{int} \left(120 \times \frac{f}{n'} \times \frac{1}{2} \right)$$

e diferente de 54, 74 e 94

$$\text{para } n' < 1,2 \times f: p = 4 \times \text{int} \left(120 \times \frac{f}{n'} \times \frac{1}{4} \right)$$

onde:

f	Frequência do sistema elétrico, em Hz
n'	Velocidade inicial, em rpm
$\text{int}(x)$	Função que retorna com a parte inteira de x

A velocidade síncrona, n (rpm), é dada pela expressão:

$$n = 120 \times \frac{f}{p}$$

onde:

f	Frequência do sistema elétrico, em Hz
p	Número de pólos do gerador

A velocidade específica, n_s , é dada pela expressão:

$$n_s = n \times H_1^{-1,25} \times P_{1t}^{0,5}$$

onde:

n	Velocidade síncrona, em rpm
H_1	Queda líquüida máxima, em m
P_{1t}	Potência unitária da turbina, em kW

Diâmetro e Posição do Rotor da Turbina

O coeficiente de velocidade periférica, K_u , é obtido no Gráfico 5.7.2.05 em função da velocidade específica ou pela expressão equivalente (Lugaresi et Massa, 1987):

$$K_u = 0,293 + 0,0027 \times n_s$$

onde:

n_s	Velocidade específica
-------	-----------------------

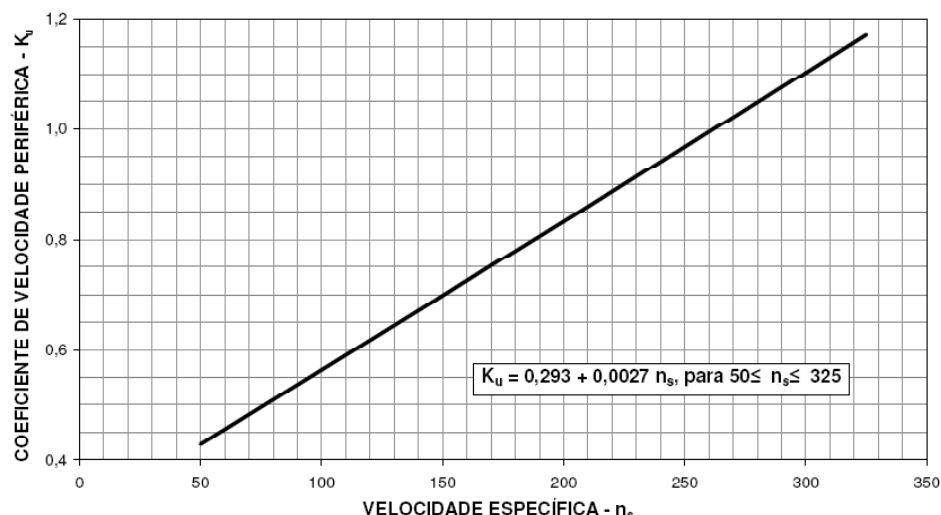


Gráfico 5.7.2.05 – Coeficiente de velocidade periférica – Turbinas Francis (PCE, 2007).

O diâmetro do rotor da turbina, D_3 (m), é dado pela expressão:

$$D_3 = 0,01 \times \text{int} \left(84,5 \times K_u \times \frac{H_1^{0,5}}{n} \times \frac{1}{0,01} + 0,5 \right)$$

onde:

K_u	Coeficiente de velocidade periférica
H_1	Queda líquida máxima, em m
n	Velocidade síncrona, em rpm

A altura de sucção, h_s (m), é dada pela expressão: $h_s = K - \sigma \times H_1$

sendo: $K = 10,33 - 0,0012 \times NA_{fu} - 0,013 \times T$

$\sigma = 7,54 \times 10^{-5} \times n_s^{1,41}$

onde:

K	Variável, em função da pressão atmosférica e da pressão de vapor de água
σ	Coeficiente de Thoma (Siervo et Leva, 1976)
H_1	Queda líquida máxima, em m
NA_{fu}	Nível d'água normal do canal de fuga
T	Temperatura média da água no verão, em °C
n_s	Velocidade específica

A cota de implantação, EI_d , é dada pela expressão: $EI_d = NA_{nfu} + h_s$

onde:

NA_{nfu}	Nível d'água mínimo a jusante
h_s	Altura de sucção, em m

Dimensões da Turbina, da Caixa Espiral, do Gerador e do Tubo de Sucção

As dimensões da turbina Francis eixo vertical e do gerador são dadas pelas seguintes expressões (De Siervo et De Leva, 1976). As dimensões estão referidas nas Figuras 5.7.2.04 e 5.7.2.05.

$$A = D_3 \times \left(1,2 - \frac{19,56}{n_s} \right) \qquad B = D_3 \times \left(1,1 + \frac{54,80}{n_s} \right)$$

$$C = D_3 \times \left(1,32 + \frac{49,25}{n_s} \right) \qquad D = D_3 \times \left(1,50 + \frac{48,80}{n_s} \right)$$

$$R = 1,3 \times D_3 \qquad S = \frac{D_3 \times n_s}{-9,28 + 0,25 \times n_s}$$

$$Z = D_3 \times \left(2,63 + \frac{33,8}{n_s} \right)$$

para $Z \times R \geq 30 \text{ m}^2$: $U = 1,7 \text{ m}$ e $N_{vs} = 2$

para $Z \times R < 30 \text{ m}^2$: $U = 0 \text{ m}$ e $N_{vs} = 1$

$$Y = H'_2 + N$$

$$\text{para } n_s \leq 110: H'_2 = D_3 \times \left(-0,05 + \frac{42}{n_s} \right)$$

$$\text{para } n_s > 110: H'_2 = \frac{D_3}{3,16 - 0,0013 \times n_s}$$

$$\text{para } n_s \leq 240: N = D_3 \times \left(1,54 + \frac{203,5}{n_s} \right)$$

$$\text{para } n_s > 240: N = 2,4 \times D_3$$

onde:

A, B, C, D, H' ₂	Dimensões da turbina, em m
N	Altura do tubo de sucção propriamente dito, em m
R	Altura da abertura do tubo de sucção na saída, em m (Eletrosul, 1996)
S	Comprimento do tubo de sucção, em m
U	Espessura do pilar do tubo de sucção, em m (Eletrosul, 1996)
Y	Altura do tubo de sucção até centro do distribuidor, em m (Eletrosul, 1996)
Z	Largura do tubo de sucção, em m
N _{vs}	Número de vãos de cada tubo de sucção
D ₃	Diâmetro de saída do rotor da turbina, em m
n _s	Velocidade específica

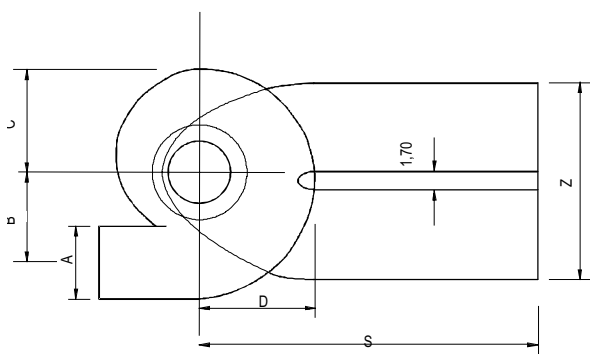


Figura 5.7.2.04 – Planta da caixa espiral e tubo de sucção – Turbina Francis de eixo vertical.

O diâmetro estimado do poço do gerador, D_{pg} (m), é dado pela expressão (COPEL, 1977):

$$D_{pg} = 9,0 \times \left(\frac{1000 \times P_1}{f_p \times n^2} \right)^{0,2}$$

onde:

P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
f_p	Fator de potência
n	Velocidade síncrona, em rpm

Dimensões da casa de força

A largura de bloco da unidade da casa de força no sentido transversal ao fluxo, B_{1cf} (m), é dada pela expressão:

$$B_{1cf} = \frac{A}{2} + B + C + 2 \times (1,3 + 0,1 \times D_3)$$

onde:

A, B, C	Dimensões da caixa espiral, em m
D_3	Diâmetro do rotor da turbina, em m

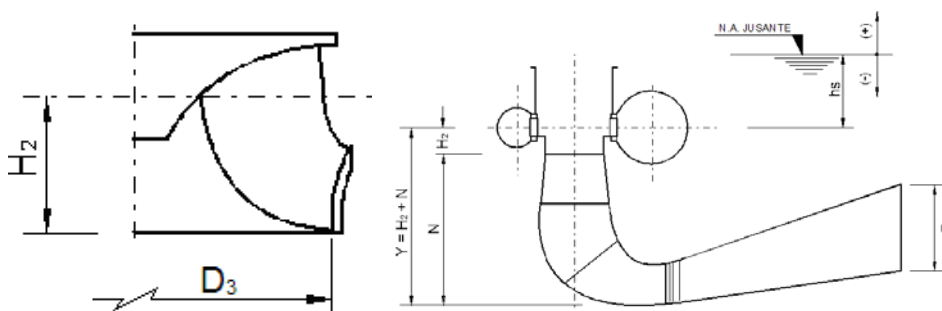


Figura 5.7.2.05 – Corte da caixa espiral e tubo de sucção – Turbina Francis de eixo vertical.

A largura total da casa de força, B_{cf} (m), sem incluir a área de montagem, é dada pela expressão:

$$B_{cf} = N_g \times B_{1cf} + 2,0$$

onde:

N_g	número de unidades geradoras. e
B_{1cf}	largura de bloco da unidade da casa de força, em m.

A largura da área de montagem dos equipamentos, B_{am} (m), é dada pela expressão:

para $N_g \leq 3$: $B_{am} = 1,5 \times B_{1cf}$

para $N_g > 3$: $B_{am} = 2,25 \times B_{1cf}$

onde:

B_{1cf}	largura de bloco da unidade da casa de força, em m. e
N_g	número de unidades geradoras.

O comprimento da superestrutura, L_{cs} (m), é dado pela expressão:

$$L_{cs} = d_1 + d_2$$

sendo:

$$d_1 = \frac{D_{pg}}{2} + 2,1 + 0,2 \times D_3 \qquad d_2 = D + 2,1 + 0,2 \times D_3$$

onde:

d_1	Distância entre a face externa da parede de montante e a linha central das unidades geradoras, em m
d_2	Distância entre a linha central das unidades geradoras e a face externa da parede de jusante, em m
D_{pg}	Diâmetro do poço do gerador, em m
D_3	Diâmetro do rotor da turbina, em m
D	Dimensão da turbina, em m

O comprimento da casa de força, L_{cf} (m), é dado pela expressão:

$$L_{cf} = d_1 + S$$

onde:

d_1	distância entre a face externa da parede de montante e a linha central das unidades geradoras, em m. e
S	comprimento do tubo de sucção, em m.

O comprimento da área de montagem dos equipamentos, L_{am} (m), é dado pela expressão:

$$L_{am} = L_{cs}$$

onde:

L_{cs}	comprimento da superestrutura, em m.
----------	--------------------------------------

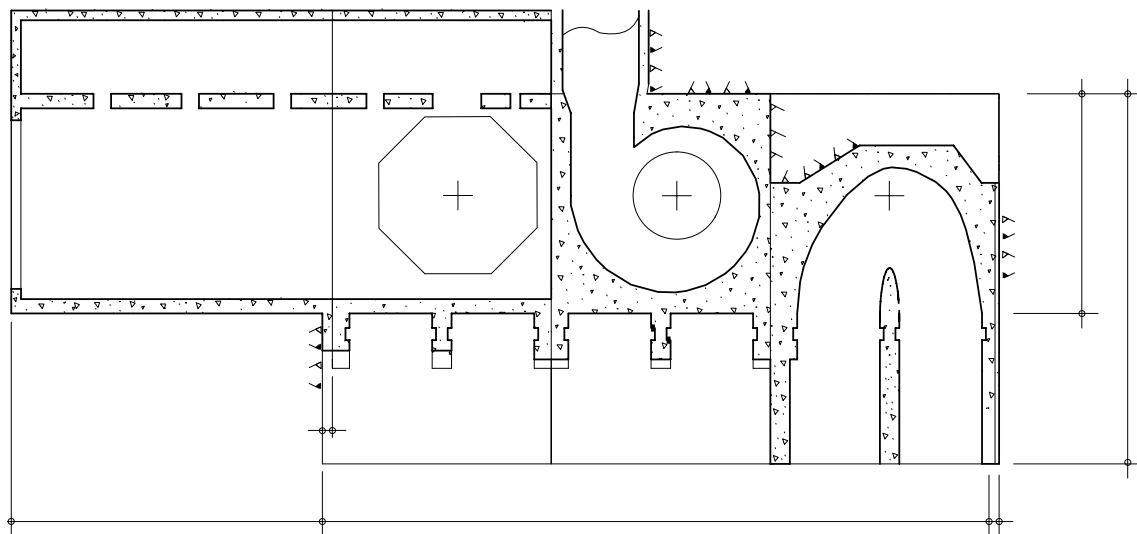


Figura 5.7.2.06 – Planta da casa de força e área de montagem para turbina Francis de eixo vertical.

Escavação Comum (conta .11.13.00.12.10)

O volume de escavação comum, V_{tcf} (m³), na casa de força externa é dado pela expressão:

$$V_{tcf} = (B_{cf} + B_{am} + 2 \times B_{1cf} + 2 \times 0,6 \times h_r) \times L_{cf} \times e_{te}$$

sendo: $h_r = E|_{te} - e_{te} - (NA_{xfu} + 1,5)$

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, em m
B_{am}	Largura da área de montagem, em m
B_{1cf}	Largura de bloco da unidade da casa de força, em m

h_r	Profundidade média de escavação em rocha acima da cota do pátio da área de montagem, em m
L_{cf}	Comprimento da casa de força, em m
e_{tc}	Espessura média da camada de terra na área da casa de força, em m
El_{tc}	Cota média do terreno na área da casa de força
NA_{xfu}	Nível d'água máximo no canal de fuga

O volume de escavação comum, V_{tcf} (m³), na casa de força subterrânea é dado pela expressão:

$$V_{tcf} = 0$$

O preço unitário de escavação comum é de R\$7,60/m³ na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da casa de força. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- Quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%.
- Quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço unitário poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (conta .11.13.00.12.11)

O volume de escavação em rocha, V_{rcf} (m³), na casa de força externa é dado pela expressão:

$$V_{rcf} = V_{re} + V_{rp} + V_{rd}$$

sendo válidas para $1,5 \leq D_3 \leq 8,0$ m:

$$V_{re} = (B_{cf} + B_{am} + 2 \times B_{1cf} + 0,6 \times h_r) \times L_{cf} \times h_r$$

$$V_{rp} = B_{cf} \times L_{cf} \times (NA_{xfu} + 1,5 - El_d)$$

$$V_{rd} = N_g \times 700 \times e^{0,54 \times D_3}$$

onde:

V_{re}	Volume de escavação em rocha acima da cota do pátio da área de montagem, em m ³
V_{rp}	Volume de escavação em rocha entre a cota do pátio da área de montagem e a cota da linha de centro do distribuidor da turbina, em m ³
V_{rd}	Volume de escavação em rocha abaixo da linha de centro do distribuidor da turbina, em m ³ (COPEL, 1977)
B_{cf}	Largura da casa de força, em m
B_{am}	Largura da área de montagem, em m
B_{1cf}	Largura de bloco da unidade da casa de força, em m
h_r	Profundidade média de escavação em rocha acima da cota do pátio da área de montagem, em m
L_{cf}	Comprimento da casa de força, em m
NA_{xfu}	Nível d'água máximo no canal de fuga
El_d	Cota da linha de centro do distribuidor da turbina

N_g	Número de unidades geradoras
D_3	Diâmetro do rotor da turbina, em m

O volume de escavação em rocha, V_{rcf} (m^3), na casa de força subterrânea é dado pela expressão:

$$V_{rcf} = 0$$

O preço unitário de escavação em rocha é de R\$21,00/ m^3 na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da casa de força. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- Quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes descontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%.
- Quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço unitário poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação Subterrânea em Rocha (conta .11.13.00.12.12)

O volume de escavação subterrânea em rocha, V_{scf} (m^3), na casa de força subterrânea é dado pela seguinte expressão, na ausência de melhores informações:

$$V_{scf} = B_{cf} \times L_{cs} \times 2 \times L_{cs} + B_{am} \times L_{cs} \times L_{cs}$$

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, em m
L_{cs}	Comprimento da superestrutura da casa de força, em m
B_{am}	Largura da área de montagem, em m

O preço unitário de escavação subterrânea em rocha, P_{us} (R\$/ m^3), válido para data base dezembro de 2006 e aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 33, Anexo B, em função da área da seção de escavação). Este valor, correspondente ao preço por metro cúbico medido na linha de projeto, inclui escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga:

$$\text{válido para } 4 \leq A_{se} \leq 300: P_{us} = 474,08 \times A_{se}^{-0,3987}$$

$$\text{sendo: } A_{se} = L_{cs}^2$$

onde:

A_{sc}	Área da seção de escavação, em m^2
L_{cs}	Comprimento da superestrutura da casa de força, em m

Uma avaliação cuidadosa deverá ser realizada, para situações distintas nas quais a escavação subterrânea forma uma parcela representativa do orçamento, verificando-se principalmente as condições geológicas da região. De um modo geral, para situações que envolvam condições geológicas caracterizadas como ruins, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 30%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (conta .11.13.00.13)

A área de limpeza da fundação, A_{lf} (m²), da casa de força é dada pela expressão:

$$A_{lf} = B_{cf} \times L_{cf} + B_{am} \times L_{cs}$$

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, em m
L_{cf}	Comprimento da casa de força, em m
B_{am}	Largura da área de montagem, em m
L_{cs}	Comprimento da superestrutura da casa de força, em m

O comprimento da injeção de cimento, L_{tf} (m), no tratamento da fundação da casa de força, é dado pela expressão:

$$L_{tf} = \frac{B_{cf}}{3} \times L_{1tf} \quad L_{1tf} = 1,5 \times (NA_{xfu} - El_d + Y) \leq 40 \text{ m}$$

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, em m
L_{1tf}	Comprimento de um furo de injeção de cimento, em m
NA_{xfu}	Nível d'água máximo no canal de fuga
El_d	Cota da linha de centro do distribuidor da turbina
Y	Altura do tubo de sucção até o centro do distribuidor, em m
3,0	Espaçamento entre os furos, em m

Para casa de força subterrânea deve-se prever, adicionalmente, a colocação de malha de chumbadores para fixação de rocha com um comprimento, L_{pr} (m), dado pela expressão:

$$L_{pr} = 4,0 \times L_{cs} \times (B_{cf} + B_{am}) + 3,5 \times L_{cs} \times (2 \times B_{cf} + B_{am} + 2 \times L_{cs})$$

onde:

L_{cs}	Comprimento da superestrutura da casa de força, em m
B_{cf}	Largura da casa de força, em m
B_{am}	Largura da área de montagem, em m

Os preços unitários dos serviços correspondentes a limpeza e tratamento de fundação - expressos em reais, válidos para data base dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste – incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/m²
- Furo roto-percussivo: 168/m
- Injeção com calda de cimento: 72,00/m
- Chumbador: 241,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (conta .11.13.00.14)

O volume de concreto, V_{ccf} (m³), da casa de força abrigada é dado pela expressão:

$$V_{ccf} = N_g \times (V_{cf} + 1,5 \times V_{cs}) + V_{ce} + V_{cd} + V_{cn} + V_{ca}$$

sendo:

válidas para $1,5 \leq D_3 \leq 8,0$ m: $V_{cf} = 485 \times e^{0,535 \times D_3}$

$$V_{cs} = 215 \times e^{0,381 \times D_3}$$

$$V_{ce} = 370 \times e^{0,314 \times D_3}$$

para $N_g \leq 3$: $V_{ca} = V_{cs}$

para $N_g > 3$: $V_{ca} = 2 \times V_{cs}$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
V_{cf}	Volume de concreto da infra-estrutura, em m^3 (COPEL, 1977)
V_{cs}	Volume de concreto da superestrutura, em m^3 (COPEL, 1977)
V_{cc}	Volume de concreto de uma parede em cada uma das extremidades, em m^3 (COPEL, 1977)
V_{cd}	Volume de concreto correspondente a escavação adicional necessária por fundação deficiente, em m^3
V_{cn}	Volume de concreto resultante de modificações no projeto para nível d'água máximo do canal de fuga superior à cota do piso do gerador, em m^3
V_{ca}	Volume de concreto da área de montagem, em m^3
D_3	Diâmetro do rotor da turbina, em m

O volume de concreto, V_{ccf} (m^3), da casa de força semi-abrigada é dado pela expressão:

$$V_{ccf} = N_g \times (V_{cf} + V_{cs}) + V_{ce} + V_{cd} + V_{cn} + V_{ca}$$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
V_{cf}	Volume de concreto da infra-estrutura, em m^3
V_{cs}	Volume de concreto da superestrutura, em m^3
V_{cc}	Volume de concreto de uma parede em cada uma das extremidades, em m^3
V_{cd}	Volume de concreto correspondente à escavação adicional necessária por fundação deficiente, em m^3
V_{cn}	Volume de concreto resultante de modificações no projeto para nível d'água máximo do canal de fuga superior à cota do piso do gerador, em m^3
V_{ca}	Volume de concreto da área de montagem, em m^3
D_3	Diâmetro do rotor da turbina, em m

O volume de concreto, V_{ccf} (m^3), da casa de força aberta é dado pela expressão:

$$V_{ccf} = N_g \times (V_{cf} + 0,15 \times V_{cs}) + 0,6 \times V_{ce} + V_{cd} + V_{cn} + 0,25 \times V_{ca}$$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
V_{cf}	Volume de concreto da infra-estrutura, em m^3
V_{cs}	Volume de concreto da superestrutura, em m^3
V_{cc}	Volume de concreto de uma parede em cada uma das extremidades, em m^3
V_{cd}	Volume de concreto correspondente à escavação adicional necessária por fundação deficiente, em m^3
V_{cn}	Volume de concreto resultante de modificações no projeto para nível d'água máximo do canal de fuga superior à cota do piso do gerador, em m^3
V_{ca}	Volume de concreto da área de montagem, em m^3
D_3	Diâmetro do rotor da turbina, em m

O volume de concreto, V_{ccf} (m^3), da casa de força subterrânea é dado pela expressão:

$$V_{cf} = N_g \times (V_{cf} + 0,5 \times V_{cs}) + 0,6 \times V_{ce} + 0,25 \times V_{ca}$$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
V_{cf}	Volume de concreto da infra-estrutura, em m^3
V_{cs}	Volume de concreto da superestrutura, em m^3
V_{ce}	Volume de concreto de uma parede em cada uma das extremidades, em m^3
V_{cn}	Volume de concreto resultante de modificações no projeto para nível d'água máximo do canal de fuga superior à cota do piso do gerador, em m^3
V_{ca}	Volume de concreto da área de montagem, em m^3
D_3	Diâmetro do rotor da turbina, em m

O volume de concreto projetado, V_{cp} (m^3), da casa de força subterrânea é dado pela expressão:

$$V_{cp} = 0,1 \times [(B_{cf} + B_{am}) \times 3 \times L_{cs} + 2 \times L_{cs} \times L_{cs}]$$

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, em m
B_{am}	Largura da área de montagem, em m
L_{cs}	Comprimento da superestrutura, em m

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m^3)	Armadura (kg/m^3)
Infra-estrutura	275	50
Superestrutura	300	100
Parede extrema	250	75
Dental	200	0
Concreto projetado	300	70

O preço unitário do cimento é de R\$348,00/t na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da armadura é de R\$4.327,00/t na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

O preço unitário do concreto sem cimento expresso em reais por metro cúbico do volume da casa de força e válido para data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Concreto da infra-estrutura e paredes extremas: 214,00/ m^3
- Concreto dental: 113,00/ m^3
- Concreto da superestrutura: 214,00/ m^3

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressivas, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobilização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço unitário do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Instalações e Acabamentos (conta .11.13.00.15)

O custo das instalações e acabamento, C_{ia} (R\$), que engloba todos os serviços necessários ao acabamento da casa de força, tais como: paredes divisórias, revestimentos, instalações, esquadrias, vidros, dentre outros, é obtido como um custo global pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 20, em função da potência instalada) e válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996a):

$$\text{Válido para } 30 \leq P \leq 1.450 \text{ MW: } C_{ia} = 6.150 \times P^{1 + \frac{15,34}{P}}$$

onde:

P	Potência instalada, em MW
---	---------------------------

Benfeitorias na Área da Usina (conta .11.12)

O custo das benfeitorias na área da usina, C_{bau} (R\$), que engloba serviços relativos à execução de estradas internas de acessos às estruturas, construção de guaritas e cercas, tratamento paisagístico, dentre outros, é obtido como um custo global pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 19, Anexo B, em função da potência instalada), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996a):

$$\text{Válido para } 30 \leq P \leq 1.450 \text{ MW: } C_{bau} = 1.565 + \left(\frac{772 \cdot 973}{P} \right)$$

onde:

P	Potência instalada, em MW
---	---------------------------

Vila de Operadores (conta .11.14)

Este custo será incluído no do acampamento (conta .17.21).

Turbinas (conta .13.13.00.23.28)

O custo de aquisição de cada turbina Francis com eixo vertical, C_{ff} (R\$), que inclui os equipamentos eletromecânicos, peças e materiais normalmente fornecidos pelo fabricante da mesma – custo FOB, sem inclusão de custos de transporte e seguro, montagem e testes e provisões para impostos e taxas incidentes conforme legislação tributária vigente – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 10, Anexo B, em função da potência unitária da turbina e velocidade síncrona), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$\text{válido para } 20 \leq z \leq 6000: C_{ff} = 0,0011 \times z^2 + 18,162 \times z + 3.279,8$$

sendo:

$$z = \frac{P_{1t}}{n}$$

onde:

z	Parâmetro, em kW/rpm
P_{1t}	Potência unitária da turbina, em kW
n	Velocidade síncrona, em rpm

Ao custo FOB, deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro.
- 8,0%: para montagem e testes.
- 28,0%: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Comportas Ensecadeiras do Tubo de Sucção (conta .13.13.00.23.16)

A quantidade de comportas ensecadeiras, N_{sl} , é dada pelas expressões:

para $N_g \leq 10$: $N_{sl} = 2 \times N_{vs}$

para $N_g > 10$: $N_{sl} = 3 \times N_{vs}$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras.
N_{vs}	Número de vãos de cada tubo de sucção

O custo de aquisição de cada comporta ensecadeira do tubo de sucção, C_{sl} (R\$), – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 25, Anexo B, em função de suas dimensões e carga hidrostática), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

válido para $0,16 \leq z \leq 54,5$: $C_{sl} = 72,9 \times z^{0,716}$

sendo:

$$z = \frac{B_{cp}^2 \times H_{cp} \times H_x}{1000} \qquad H_{cp} = R$$

$$H_x = NA_{xfu} - El_d + Y \qquad B_{cp} = \frac{Z - U}{N_{vs}}$$

onde:

z	Parâmetro, em m^4
B_{cp}	Largura da comporta ensecadeira, em m
H_{cp}	Altura da comporta ensecadeira, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta ensecadeira, em m
R	Altura da abertura do tubo de sucção na saída, em m
NA_{xfu}	Nível d'água máximo no canal de fuga
El_d	Cota da linha de centro do distribuidor da turbina
Y	Altura do tubo de sucção até o centro do distribuidor, em m
Z	Largura do tubo de sucção, em m
U	Espessura do pilar do tubo de sucção, em m
N_{vs}	Número de vãos de cada tubo de sucção

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

O custo global de aquisição de guias e partes fixas embutidas no concreto das comportas ensecadeiras do tubo de sucção, C_{gpf} (R\$), – custo FOB – é dado pela expressão abaixo, válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$C_{gpf} = 2 \times N_{vs} \times N_g \times (H_x + 2,0) \times 2.084,80$$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta ensecadeira, em m
N_{vs}	Número de vãos de cada tubo de sucção

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Guindaste do Tubo de Sucção (conta .13.13.00.23.20)

Em razão do custo de aquisição do guindaste do tubo de sucção ser de pequena monta, o mesmo pode ser desprezado.

Geradores (conta .13.13.00.23.29)

O custo de aquisição de cada gerador de eixo vertical, C_{gv} (R\$), que inclui regulador de tensão e equipamentos eletromecânicos auxiliares – custo FOB – é obtido pelas expressões abaixo (ou no Gráfico B 16, Anexo B, em função da relação entre a potência de um gerador e sua velocidade síncrona), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

válido para $0,0329 \leq \lambda \leq 1,9834$: $C_{gv} = 42280(\lambda)^{0,6298}$

sendo:

$$\lambda = \frac{P_2}{n} \qquad P_2 = \frac{P_1}{f_p}$$

onde:

P_2	Potência de um gerador, em MVA
λ	Torque magnético, em MVA/rpm
n	Velocidade síncrona, em rpm
P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
f_p	Fator de potência

Ao custo FOB, deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro.
- 8,0%: para montagem e testes.
- 28,0%: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Equipamento Elétrico Acessório (conta .14.00.00.23)

O custo de aquisição do equipamento elétrico acessório deve ser considerado como igual a 18% do custo global da Conta .13 – Turbinas e Geradores.

Guindaste e Ponte Rolante (conta .15.13.00.23.20)

O sistema de movimentação de cargas pode ser um pórtico rolante externo ou uma ou duas pontes rolantes internas. O custo de aquisição da ponte ou pontes, C_{prv} (R\$), – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 17, Anexo B, em função da relação entre a potência de um gerador e sua velocidade síncrona), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

válido para $68,9 \leq z \leq 4.582$: $C_{prv} = 25,12 \times z^{0,6961}$

sendo:

$$z = 1000 \times \frac{P_2}{n}$$

onde:

z	Parâmetro, em kVA/rpm
P_2	Potência de um gerador, em MVA
n	Velocidade síncrona, em rpm

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

O custo de aquisição do pórtico rolante, C_{pr} (R\$), – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 18, Anexo B, em função da relação entre a potência de um gerador e sua velocidade síncrona), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$\text{válido para } 68,9 \leq z \leq 4.582: C_{\text{pr}} = 59,506 \times z^{0,6621}$$

sendo:

$$z = 1000 \times \frac{P_2}{n}$$

onde:

z	Parâmetro, em kVA/rpm
P_2	Potência de um gerador, em MVA
n	Velocidade síncrona, em rpm

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Equipamentos Diversos (conta .15.00.00.23.31)

O custo de aquisição dos equipamentos diversos deve ser considerado como igual a 6% do custo global da Conta .13 – Turbinas e Geradores.

CASA DE FORÇA EQUIPADA COM TURBINAS FRANCIS DE EIXO HORIZONTAL

As principais informações para quantificação são as seguintes:

- Largura do bloco da unidade da casa de força no sentido transversal ao fluxo, B_{1cf} em m.
- Comprimento da casa de força no sentido do fluxo, L_{cf} em m.
- Cota média do terreno na área da casa de força, El_{tc} .
- Espessura média da camada de terra na área da casa de força, e_{tc} em m.
- Nível d'água máximo no canal de fuga, NA_{xfu} , do item 5.1.2.
- Volume de escavação em rocha abaixo da cota do pátio da área de montagem, V_{rp} em m^3 .
- Volume de concreto, V_{ccf} em m^3 .

Velocidades

A velocidade específica inicial, n'_s , é obtida no Gráfico 5.7.2.04 em função da queda líquida máxima ou pelas expressões equivalentes (Eletrosul, 1996):

$$\text{para } 27 \leq H_1 \leq 193,42 \text{ m: } n'_s = 117,6 \times \ln\left(\frac{502}{H_1}\right)$$

$$\text{para } 193,42 < H_1 \leq 350 \text{ m: } n'_s = 3364 \times H_1^{-0,646}$$

sendo:

$$Q_1 = \frac{10^6 \times P_1}{k \times H_1} \qquad k = \rho \times g \times \eta_{t1} \times \eta_{g1}$$

$$\eta_{t1} = 0,856 \times Q_1^{0,013} \qquad \eta_{g1} = 0,92 \times P_2^{0,01}$$

$$P_2 = \frac{P_1}{f_p}$$

onde:

H_1	Queda líquida máxima, em m
P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
k	Coefficiente
ρ	1000 kg/m ³ – massa específica da água
η_{el}	Rendimento da turbina para queda líquida máxima
η_{g1}	Rendimento do gerador para queda líquida máxima
g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
P_2	Potência de um gerador, em MVA
f_p	fator de potência

A velocidade inicial, n' (rpm), é dada pela expressão:

$$n' = n'_s \times H_1^{1,25} \times P_{1t}^{-0,5}$$

sendo:

$$P_{1t} = \frac{10^3 \times P_1}{\eta_g}$$

onde:

H_1	Queda líquida máxima, em m
P_{1t}	Potência unitária da turbina, em kW
n'_s	Velocidade específica inicial
P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
η_g	Rendimento do gerador para queda líquida máxima

O número de pólos do gerador, p , é obtido a partir do Quadro 5.7.2.01, em função da velocidade inicial e vazão turbinada unitária máxima, ou pelas expressões equivalentes:

$$\text{para } n' \geq 1,2 \times f: p = 2 \times \text{int} \left(120 \times \frac{f}{n'} \times \frac{1}{2} + 0,999 \right)$$

e diferente de 54, 74 e 94

$$\text{para } n' < 1,2 \times f: p = 4 \times \text{int} \left(120 \times \frac{f}{n'} \times \frac{1}{4} + 0,999 \right)$$

onde:

f	Frequência do sistema elétrico, em Hz
n'	Velocidade inicial, em rpm
$\text{int}(x)$	Função que retorna com a parte inteira de x

A velocidade síncrona, n (rpm), é dada pela expressão:

$$n = 120 \times \frac{f}{p}$$

onde:

f	Frequência do sistema elétrico, em Hz
p	Número de pólos do gerador

A velocidade específica, n'_s , é dada pela expressão:

$$n_s = n \times H_1^{-1,25} \times P_{1t}^{0,5}$$

onde:

n	Velocidade síncrona, em rpm
H ₁	Queda líquida máxima, em m
P _{1t}	Potência unitária da turbina, em kW

Diâmetro e Posição do Rotor da Turbina

O coeficiente de velocidade periférica, K_u, é obtido no Gráfico 5.7.2.05 em função da velocidade específica ou pela expressão equivalente (Lugaresi et Massa, 1987):

$$K_u = 0,293 + 0,0027 \times n_s$$

onde:

n _s	Velocidade específica
----------------	-----------------------

O diâmetro do rotor da turbina, D₃ (m), é dado pela expressão:

$$D_3 = 0,01 \times \text{int} \left(84,5 \times K_u \times \frac{H_1^{0,5}}{n} \times \frac{1}{0,01} + 0,5 \right)$$

onde:

K _u	Coefficiente de velocidade periférica
H ₁	Queda líquida máxima, em m
n	Velocidade síncrona, em rpm

A altura de sucção, h_s (m), é dada pela expressão:

$$h_s = K - \sigma \times H_1 - D_3$$

sendo:

$$K = 10,33 - 0,0012 \times NA_{fu} - 0,013 \times T$$

$$\sigma = 7,54 \times 10^{-5} \times n_s^{1,41}$$

onde:

K	Variável, em função da pressão atmosférica e da pressão de vapor de água
σ	Coefficiente de Thoma (Siervo et Leva, 1976)
H ₁	Queda líquida máxima, em m
D ₃	Diâmetro de saída do rotor da turbina, em m
NA _{fu}	Nível d'água normal do canal de fuga
T	Temperatura média da água no verão, em °C
n _s	Velocidade específica

A cota de implantação, El_d, é dada pela expressão:

$$El_d = NA_{nfu} + h_s$$

onde:

NA _{nfu}	Nível d'água mínimo a jusante
h _s	Altura de sucção, em m

Dimensões da turbina, da caixa espiral, do gerador e do tubo de sucção

As dimensões da turbina Francis eixo horizontal são dadas pelas seguintes expressões (Eletrosul, 1986). As dimensões estão referidas nas Figuras 5.7.2.07 e 5.7.2.08.

$$\begin{aligned}
 A &= 1,15 \times D_3 & B &= 1,50 \times D_3 \\
 C &= 3,80 \times D_3 & D &= 1,90 \times D_3 \\
 E &= 2,0 \times D_3 & R &= 2,0 \times D_3 \\
 S &= 5,2 \times D_3 & Y &= 2,60 \times D_3
 \end{aligned}$$

onde:

A, B, C, D, E	Dimensões da turbina, em m
R	Altura da abertura do tubo de sucção na saída, em m (Eletrosul, 1996)
S	Comprimento do tubo de sucção, em m
Y	Altura do tubo de sucção até o centro do distribuidor, em m (Eletrosul, 1996)
D_3	Diâmetro de saída do rotor da turbina, em m

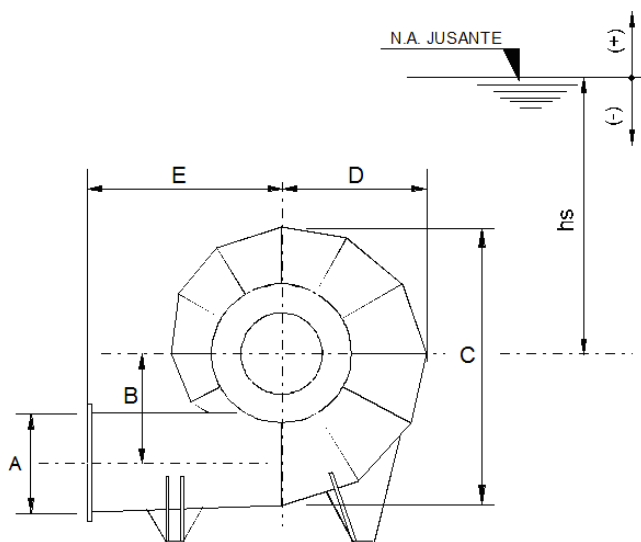


Figura 5.7.2.07 - Vista da caixa espiral - Turbina Francis de eixo horizontal.

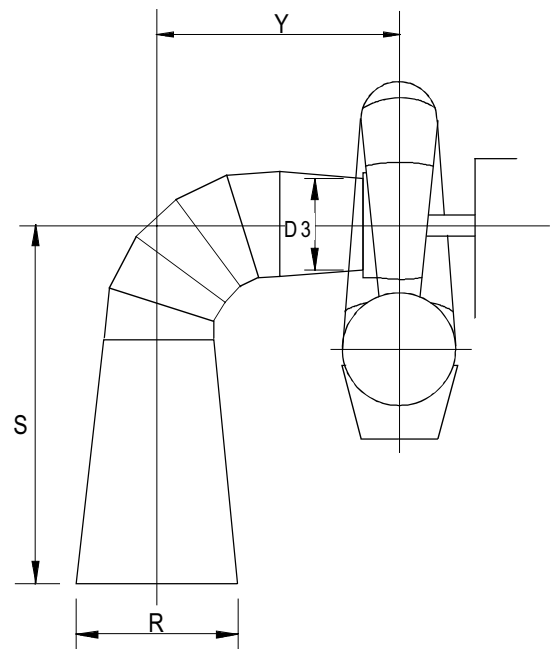


Figura 5.7.2.08 - Vista do tubo de sucção - Turbina Francis de eixo horizontal.

O diâmetro estimado do poço do gerador, D_{pg} (m), é dado pela expressão (COPEL, 1977):

$$D_{pg} = 9,0 \times \left(\frac{1000 \times P_1}{f_p \times n^2} \right)^{0,2}$$

onde:

P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
f_p	Fator de potência
n	Velocidade síncrona, em rpm

Dimensões da Casa de Força

A largura do bloco da unidade da casa de força no sentido transversal ao fluxo, B_{1cf} (m), é determinado pelo projetista a partir definição do arranjo interno da casa de força.

A largura total da casa de força, B_{cf} (m), sem incluir a área de montagem, é dada pela expressão:

$$B_{cf} = N_g \times B_{1cf} + 2,0$$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
B_{1cf}	Largura de bloco da unidade da casa de força, em m

A largura da área de montagem dos equipamentos, B_{am} (m), é dada pela expressão:

para $N_g \leq 3$: $B_{am} = 1,5 \times B_{1cf}$

para $N_g > 3$: $B_{am} = 2,25 \times B_{1cf}$

onde:

B_{1cf}	Largura de bloco da unidade da casa de força, em m
N_g	Número de unidades geradoras

O comprimento da casa de força no sentido do fluxo, L_{cf} (m), é definido pelo projetista.

O comprimento da área de montagem dos equipamentos, L_{am} (m), é dado pela expressão:

$$L_{am} = L_{cf}$$

onde:

L_{cf}	Comprimento da casa de força, em m
----------	------------------------------------

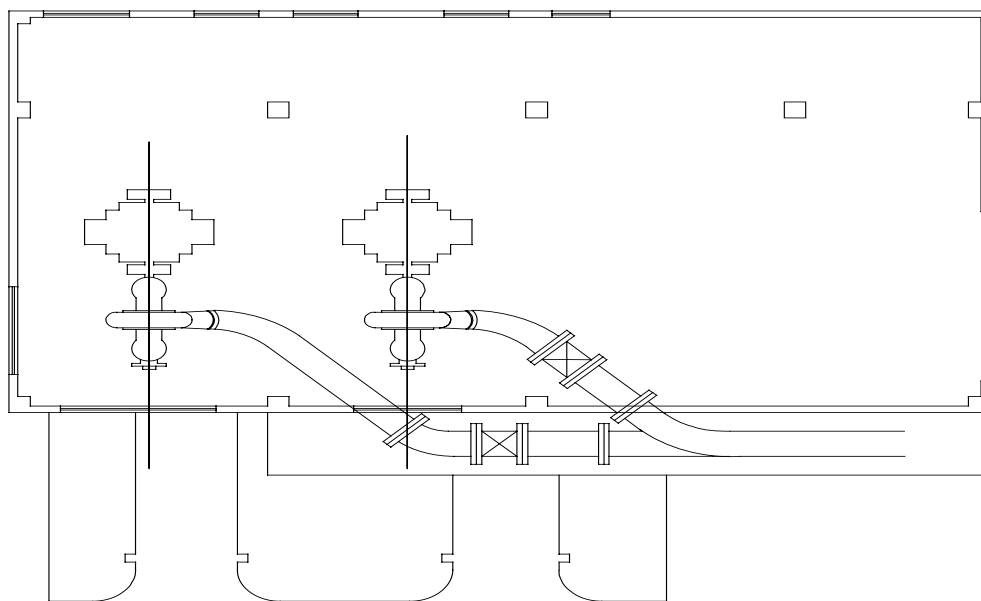


Figura 5.7.2.09 – Casa de força com turbinas Francis com eixo horizontal.

Escavação Comum (conta .11.13.00.12.10)

O volume de escavação comum, V_{tcf} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{tcf} = (B_{cf} + B_{am} + 2 \times B_{1cf} + 2 \times 0,6 \times h_r) \times L_{cf} \times e_{te}$$

sendo: $h_r = E_{I_{te}} - e_{te} - (N_{A_{xfu}} + 1,5)$

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, em m
B_{am}	Largura da área de montagem, em m

B_{1cf}	Largura de bloco da unidade da casa de força, em m
h_r	Profundidade média de escavação em rocha acima da cota do pátio da área de montagem, em m
L_{cf}	Comprimento da casa de força, em m
e_{te}	Espessura média da camada de terra na área da casa de força, em m
El_{te}	Cota média do terreno na área da casa de força
NA_{xfu}	Nível d'água máximo no canal de fuga

O preço unitário de escavação comum é de R\$7,60/m³ na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da casa de força. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- Quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%.
- Quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço unitário poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (conta .11.13.00.12.11)

O volume de escavação em rocha, V_{rcf} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{rcf} = V_{re} + V_{rp}$$

$$\text{sendo: } V_{re} = (B_{cf} + B_{am} + 2 \times B_{1cf} + 0,6 \times h_r) \times L_{cf} \times h_r$$

onde:

V_{re}	Volume de escavação em rocha acima da cota do pátio da área de montagem, em m ³
V_{rp}	Volume de escavação em rocha abaixo da cota do pátio da área de montagem, determinado a partir do projeto, em m ³
B_{cf}	Largura da casa de força, em m
B_{am}	Largura da área de montagem, em m
B_{1cf}	Largura de bloco da unidade da casa de força, em m
h_r	Profundidade média de escavação em rocha acima da cota do pátio da área de montagem, em m
L_{cf}	Comprimento da casa de força, em m

O preço unitário de escavação em rocha é de R\$21,00/m³ na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da casa de força. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- Quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%.
- Quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço unitário poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (conta .11.13.00.13)

A área de limpeza de fundação, A_{lf} (m²), é dada pela expressão:

$$A_{lf} = (B_{cf} + B_{am}) \times L_{cf}$$

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, em m
B_{am}	Largura da área de montagem, em m
L_{cf}	Comprimento da casa de força, em m

O comprimento da injeção de cimento, L_{tf} (m), no tratamento da fundação da casa de força, é dado pela expressão:

$$L_{tf} = \frac{B_{cf}}{3} \times L_{1tf}$$

sendo: $L_{1tf} = 1,5 \times (NA_{xfu} - El_d + Y) \leq 40$ m

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, em m
L_{1tf}	Comprimento de um furo de injeção de cimento, em m
NA_{xfu}	Nível d'água máximo no canal de fuga
El_d	Cota da linha de centro do distribuidor da turbina
Y	Altura do tubo de sucção até o centro do distribuidor, em m
3,0	Espaçamento entre os furos, em m

Os preços unitários dos serviços correspondentes a limpeza e tratamento de fundação – expressos em reais, válidos para data base dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste – incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/m²
- Furo roto-percussivo: 168,00/m
- Injeção com calda de cimento: 72,00/m
- Chumbador: 241,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (conta .11.13.00.14)

O volume de concreto deverá ser determinado a partir do projeto.

O preço unitário do cimento é de R\$348,00/t na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da armadura é de R\$4.327,00/t na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do concreto sem cimento expressos em reais por metro cúbico do volume da casa de força e válidos para data base dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas re-

giões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Concreto da infra-estrutura e paredes extremas: 214,00/m³
- Concreto dental: 113,00/m³
- Concreto da superestrutura: 214,00/m³

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressivas, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobilização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço unitário do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Instalações e Acabamentos (conta .11.13.00.15)

O custo das instalações e acabamento, C_{ia} (R\$), que engloba todos os serviços necessários ao acabamento da casa de força, tais como: paredes divisórias, revestimentos, instalações, esquadrias, vidros, dentre outros, é obtido como um custo global pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 20, em função da potência instalada) e válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996a):

$$\text{válido para } 30 \leq P \leq 1.450 \text{ MW: } C_{ia} = 6.150 \times P^{1 + \frac{15,34}{P}}$$

onde:

P Potência instalada, em MW.

Benfeitorias na Área da Usina (conta .11.12)

O custo das benfeitorias na área da usina, C_{bau} (R\$), que engloba serviços relativos à execução de estradas internas de acessos às estruturas, construção de guaritas e cercas, tratamento paisagístico, dentre outros, é obtido como um custo global pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 19, Anexo B, em função da potência instalada), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996a):

$$\text{válido para } 30 \leq P \leq 1.450 \text{ MW: } C_{bau} = 1.565 + \left(\frac{772 \cdot 973}{P} \right)$$

onde:

P Potência instalada, em MW

Vila de Operadores (conta .11.14)

Este custo será incluído no do acampamento (conta .17.21).

Turbinas (conta .13.13.00.23.28)

O custo de aquisição de cada turbina Francis com eixo horizontal, C_{tf} (R\$), que inclui os equipamentos eletromecânicos, peças e materiais normalmente fornecidos pelo fabricante da mesma – custo FOB, sem inclusão de custos de transporte e seguro, montagem e testes e provisões para impostos e taxas incidentes conforme legislação tributária vigente – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 10, Anexo B, em função da potência unitária da turbina e a velocidade síncrona), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$\text{válido para } 20 \leq z \leq 6000: C_{tf} = 0,0011 \times z^2 + 18,162 \times z + 3.279,8$$

sendo:

$$z = \frac{P_{1t}}{n}$$

onde:

z	Parâmetro, em kW/rpm
P _{1t}	Potência unitária da turbina, em kW
n	Velocidade síncrona, em rpm

Ao custo FOB, deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro.
- 8,0%: para montagem e testes.
- 28,0%: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Comportas Ensecadeiras do Tubo de Sucção (conta .13.13.00.23.16)

Em geral, neste tipo de turbina, não é usada comporta ensecadeira no tubo de sucção. Se necessário, dever-se-á efetuar projeto específico para atendimento ao caso.

Geradores (conta .13.13.00.23.29)

O custo de aquisição de cada gerador de eixo horizontal, C_{gh} (R\$), que inclui gerador e equipamentos associados – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 14, Anexo B, em função da relação entre a potência de um gerador e sua velocidade síncrona), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

válido para $0,0004 \leq \lambda \leq 0,0483$: $C_{gh} = 29580(\lambda)^{0,6323}$

sendo: $\lambda = \frac{P_2}{n}$ e $P_2 = \frac{P_1}{f_p}$

onde:

P ₂	Potência de um gerador, em MVA
λ	Torque magnético, em MVA/rpm
n	Velocidade síncrona, em rpm
P ₁	Potência de uma unidade geradora, em MW
f _p	Fator de potência

Ao custo FOB, deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro.
- 8,0%: para montagem e testes.
- 28,0%: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Guindaste do Tubo de Sucção (conta .13.13.00.23.20)

Em razão do preço do guindaste do tubo de sucção ser de pequena monta, o mesmo pode ser desprezado.

Equipamento Elétrico Acessório (conta .14.00.00.23)

O custo de aquisição do equipamento elétrico acessório deve ser considerado como igual a 18% do custo global da Conta .13 – Turbinas e Geradores.

Guindaste e Ponte Rolante (conta .15.13.00.23.20)

O sistema de movimentação de cargas é, em geral, uma ponte rolante interna. O custo de aquisição da ponte, C_{prh} (R\$), – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 17, Anexo B, em

função da relação entre a potência de um gerador e sua velocidade síncrona), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

válido para $8 \leq \lambda \leq 8$: $C_{prh} = (9,4666 \times \lambda) + 9,1722$

sendo: $\lambda = \frac{P_2}{n}$ e $P_2 = \frac{P_1}{f_p}$

onde:

P_2	Potência de um gerador, em MVA
λ	Torque magnético, em MVA/rpm
n	Velocidade síncrona, em rpm
P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
f_p	Fator de potência

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos

Equipamentos Diversos (conta .15.00.00.23.31)

O custo de aquisição dos equipamentos diversos deve ser considerado como igual a 6% do custo global da Conta .13 – Turbinas e Geradores.

CASA DE FORÇA EQUIPADA COM TURBINAS KAPLAN COM CAIXA ESPIRAL DE AÇO

Velocidades

A velocidade específica inicial, n'_s , é obtida no Gráfico 5.7.2.06 em função da queda líquida máxima ou pelas expressões equivalentes (Eletrosul, 1996):

para $8 \leq H_1 \leq 70$ m: $n'_s = 2966 \times H_1^{-0,544}$

onde:

H_1	Queda líquida máxima, em m
-------	----------------------------

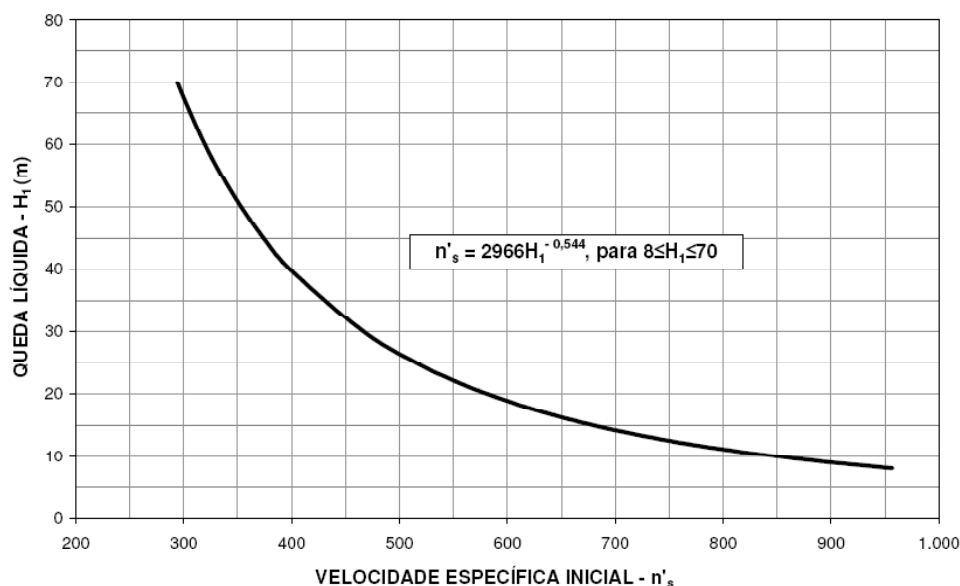


Gráfico 5.7.2.06 Velocidade específica inicial – Turbinas Kaplan

A velocidade inicial, n' (rpm), é dada pela expressão:

$$n' = n'_s \times H_1^{1,25} \times P_{1t}^{-0,5}$$

sendo: $P_{1t} = \frac{10^3 \times P_1}{\eta_g}$

onde:

n'_s	Velocidade específica inicial
H_1	Queda líquüida máxima, em m
P_{1t}	Potência unitária da turbina, em kW
P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
η_g	Rendimento do gerador para queda líquüida máxima

O número de pólos do gerador, p , é obtido a partir do Quadro 5.7.2.01, em função da velocidade síncrona inicial, ou pelas expressões equivalentes:

para $n' \geq 1,2 \times f$: $p = 2 \times \text{int} \left(120 \times \frac{f}{n'} \times \frac{1}{2} + 0,999 \right)$

e diferente de 54, 74 e 94

para $n' < 1,2 \times f$: $p = 4 \times \text{int} \left(120 \times \frac{f}{n'} \times \frac{1}{4} + 0,999 \right)$

onde:

f	Freqüência do sistema elétrico, em Hz
n'	Velocidade inicial, em rpm
$\text{int}(x)$	Função que retorna com a parte inteira de x

A velocidade síncrona, n (rpm), é dada pela expressão:

$$n = 120 \times \frac{f}{p}$$

onde:

f	Freqüência do sistema elétrico, em Hz
p	Número de pólos do gerador

A velocidade específica, n_s , é dada pela expressão:

$$n_s = n \times H_1^{-1,25} \times P_{1t}^{0,5}$$

onde:

n	Velocidade síncrona, em rpm
H_1	Queda líquüida máxima, em m
P_{1t}	Potência de uma turbina, em kW

Diâmetro e posição do rotor da turbina

O coeficiente de velocidade periférica, K_u , é obtido no Gráfico 5.7.2.07 em função da velocidade específica ou pela expressão equivalente (Schweiger et Gregori, 1987):

$$K_u = 0,8434 + 0,00152 \times n_s$$

onde:

n_s	Velocidade específica
-------	-----------------------

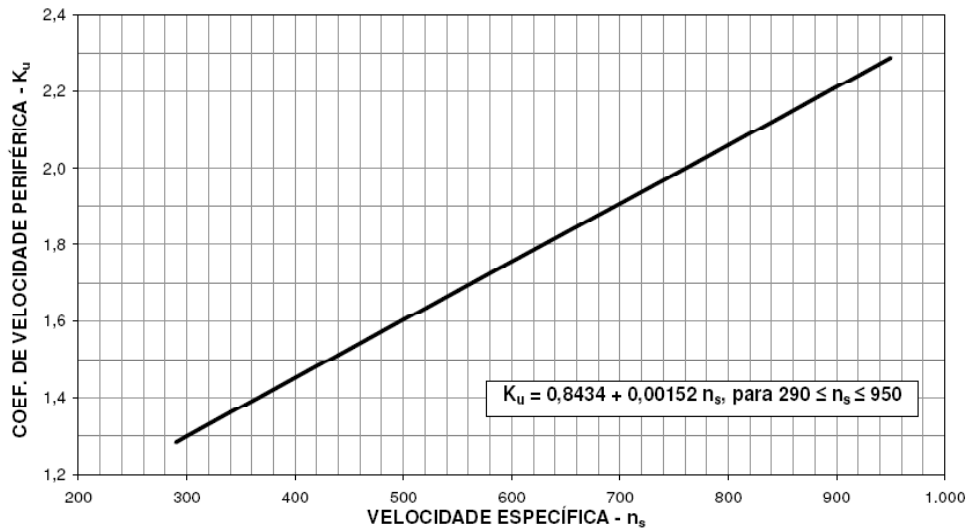


Gráfico 5.7.2.07 Coeficiente de velocidade periférica – Turbinas Kaplan

O diâmetro do rotor da turbina, D_K (m), é dado pela expressão:

$$D_K = 0,01 \times \text{int} \left(84,5 \times K_u \times \frac{H_1^{0,5}}{n} \times \frac{1}{0,01} + 0,5 \right)$$

onde:

K_u	Coeficiente de velocidade periférica
H_1	Queda líquida média, em m
n	Velocidade síncrona

A altura de sucção, h_s (m), é dada pela expressão:

$$h_s = K - \sigma \times H_1$$

sendo:

$$K = 10,33 - 0,0012 \times NA_{fu} - 0,013 \times T$$

$$\sigma = 6,40 \times 10^{-5} \times n_s^{1,46}$$

onde:

K	Variável, em função da pressão atmosférica e da pressão de vapor de água, em m
σ	Coeficiente de Thoma (De Siervo et De Leva, 1977)
H_1	Queda líquida máxima, em m
NA_{fu}	Nível de água normal do canal de fuga
T	Temperatura média da água no verão, em °C
n_s	Velocidade específica

A cota da linha de centro do distribuidor da turbina, E_{ld} , é dada pela expressão:

$$E_{ld} = NA_{nfu} + h_s + H'_1$$

onde:

NA_{nfu}	Nível de água mínimo a jusante
h_s	Altura de sucção, em m
D_K	Diâmetro do rotor da turbina

Dimensões da Turbina, da Caixa Espiral, do Gerador e do Tubo de Sucção

As dimensões da turbina e do gerador são dadas pelas seguintes expressões (De Siervo. et De Leva, 1978). As dimensões estão referidas nas Figuras 5.7.2.10 e 5.7.2.11.

$$A = D_k \times 0,40 \times n_s^{0,20}$$

$$B = D_k \times (1,26 + 3,79 \times 10^{-4} \times n_s)$$

$$C = D_k \times (1,46 + 3,24 \times 10^{-4} \times n_s)$$

$$D = D_k \times (1,59 + 5,74 \times 10^{-4} \times n_s)$$

$$M = 2,25 \times D_k$$

$$R = 1,3 \times D_k$$

$$S = D_k \times \left(4,26 + \frac{201,51}{n_s} \right)$$

$$Z = D_k \times \left(2,58 + \frac{102,66}{n_s} \right)$$

$$Y = H'_1 + M$$

$$H'_1 = 0,42 \times D_k$$

para $Z \times R \geq 30 \text{ m}^2$: $U = 1,7 \text{ m}$ $N_{vs} = 2$

para $Z \times R < 30 \text{ m}^2$: $U = 0 \text{ m}$ $N_{vs} = 1$

onde:

A, B, C, D, H' ₁	Dimensões da turbina, em m
M	Altura do tubo de sucção propriamente dito, em m
R	Altura da abertura do tubo de sucção na saída, em m (Eletrosul, 1996)
S	Comprimento do tubo de sucção, em m
U	Espessura do pilar do tubo de sucção, em m (Eletrosul, 1996)
Y	Altura do tubo de sucção até centro do distribuidor, em m (Eletrosul, 1996)
Z	Largura do tubo de sucção, em m
N _{vs}	Número de vãos de cada tubo de sucção
D _k	Diâmetro de saída do rotor da turbina, em m
n _s	Velocidade específica

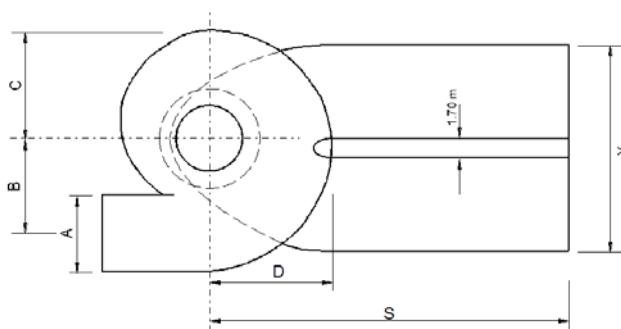


Figura 5.7.2.10 - Planta da caixa espiral e tubo de sucção - Turbina Kaplan com caixa espiral de aço.

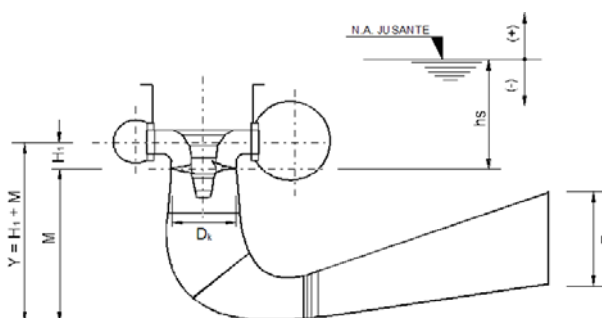


Figura 5.7.2.11 - Corte da caixa espiral e tubo de sucção - Turbina Kaplan com caixa espiral de aço.

O diâmetro estimado do poço do gerador, D_{pg} (m), é dado pela expressão (COPEL, 1977):

$$D_{pg} = 9,0 \times \left(\frac{1000 \times P_1}{f_p \times n^2} \right)^{0,2}$$

onde:

P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
f_p	Fator de potência
n	Velocidade síncrona, em rpm

Dimensões da Casa de Força

A largura de bloco da unidade da casa de força no sentido transversal ao fluxo, B_{1cf} (m), é dada pela expressão:

$$B_{1cf} = \frac{A}{2} + B + C + 2 \times (1,3 + 0,09 \times D_K)$$

onde:

A, B, C	Dimensões da caixa espiral, em m
D_K	Diâmetro do rotor da turbina, em m

A largura total da casa de força, B_{cf} (m), sem incluir a área de montagem, é dada pela expressão:

$$B_{cf} = N_g \times B_{1cf} + 2,0$$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
B_{1cf}	Largura de bloco da unidade da casa de força, em m

A largura da área de montagem dos equipamentos, B_{am} (m), é dada pela expressão:

$$\text{para } N_g \leq 3: B_{am} = 1,5 \times B_{1cf}$$

$$\text{para } N_g > 3: B_{am} = 2,25 \times B_{1cf}$$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
B_{1cf}	Largura de bloco da unidade da casa de força, em m

O comprimento da superestrutura, L_{cs} (m), é dado pela expressão:

$$L_{cs} = d_1 + d_2$$

sendo:

$$d_1 = \frac{D_{pg}}{2} + 2,1 + 0,2 \times D_K \quad d_2 = D + 2,1 + 0,2 \times D_K$$

onde:

d_1	Distância entre a face externa da parede de montante e a linha central das unidades geradoras, em m
d_2	Distância entre a linha central das unidades geradoras e a face externa da parede de jusante, em m
D_{pg}	Diâmetro do poço do gerador, em m
D_K	Diâmetro do rotor da turbina, em m
D	Dimensão da turbina, em m

O comprimento da casa de força, L_{cf} (m), é dado pela expressão:

$$L_{cf} = d_1 + S$$

onde:

d_1	Distância entre a face externa da parede de montante e a linha central das unidades geradoras, em m
S	Comprimento do tubo de sucção, em m

O comprimento da área de montagem dos equipamentos, L_{am} (m), é dado pela expressão:

$$L_{am} = L_{cs}$$

onde:

L_{cs} Comprimento da superestrutura, em m

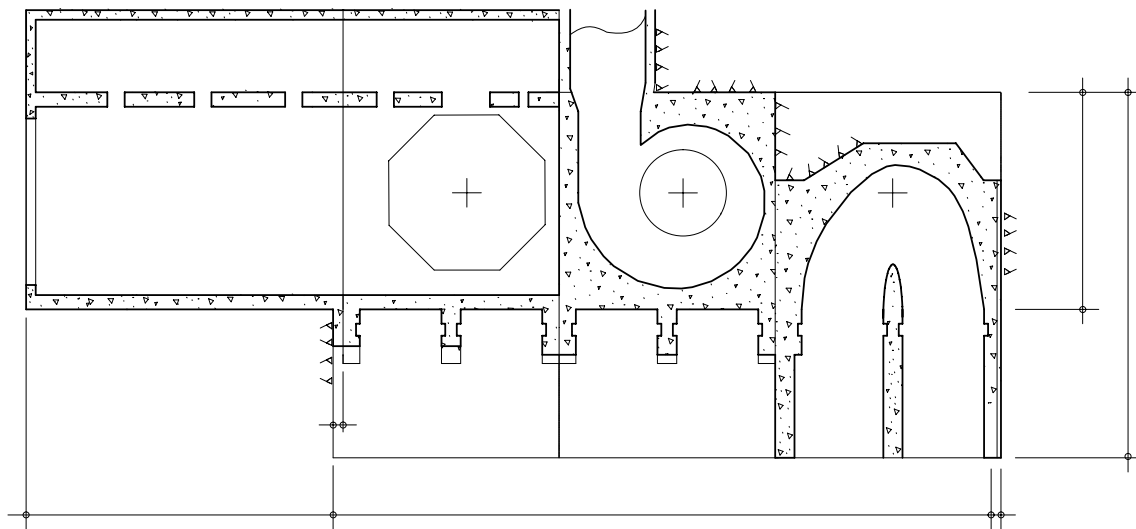


Figura 5.7.2.12 – Planta da casa de força e área de montagem para turbinas Kaplan com caixa espiral de aço.

Escavação Comum (conta .11.13.00.12.10)

O volume de escavação comum, V_{tcf} (m³), na casa de força é dado pela expressão:

$$V_{tcf} = (B_{cf} + B_{am} + 2 \times B_{1cf} + 2 \times 0,6 \times h_r) \times L_{cf} \times e_{te}$$

sendo: $h_r = El_{te} - e_{te} - (NA_{xfu} + 1,5)$

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, em m
B_{am}	Largura da área de montagem, em m
B_{1cf}	Largura de bloco da unidade da casa de força, em m
h_r	Profundidade média de escavação em rocha acima da cota do pátio da área de montagem, em m
L_{cf}	Comprimento da casa de força, em m
e_{te}	Espessura média da camada de terra na área da casa de força, em m
El_{te}	Cota média do terreno na área da casa de força
NA_{xfu}	Nível d'água máximo no canal de fuga

O preço unitário de escavação em rocha é de R\$21,00/m³ na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da casa de força. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- Quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%.

- Quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço unitário poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (conta .11.13.00.13)

Deve-se prever limpeza em toda área de fundação. A área de limpeza da fundação, A_{lf} (m²), da casa de força é dada pela expressão:

$$A_{lf} = B_{cf} \times L_{cf} + B_{am} \times L_{cs}$$

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, em m
L_{cf}	Comprimento da casa de força, em m
B_{am}	Largura da área de montagem, em m
L_{cs}	Comprimento da superestrutura da casa de força, em m

O comprimento da injeção de cimento, L_{tf} (m), para tratamento de fundação da casa de força é dado pela expressão:

$$L_{tf} = \frac{B_{cf}}{3} \times L_{1tf}$$

sendo: $L_{1tf} = 1,5 \times (NA_{xfu} - El_d + Y) \leq 40$ m

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, em m
L_{1tf}	Comprimento de um furo de injeção de cimento, em m
NA_{xfu}	Nível d'água máximo no canal de fuga
El_d	Cota da linha de centro do distribuidor da turbina
Y	Altura do tubo de sucção até o centro do distribuidor, em m

O preço unitário de escavação comum é de R\$7,60/m³ na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da casa de força. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- Quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%.
- Quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (conta .11.13.00.12.11)

O volume de escavação em rocha, V_{rcf} (m³), na casa de força é dado pela expressão:

$$V_{rcf} = V_{re} + V_{rp} + V_{rd}$$

sendo válida para $1,5 \leq D_k \leq 8,0$ m:

$$V_{re} = (B_{cf} + B_{am} + 2 \times B_{1cf} + 0,6 \times h_r) \times L_{cf} \times h_r$$

$$V_{rp} = B_{cf} \times L_{cf} \times (NA_{xfu} + 1,5 - El_d)$$

$$V_{rd} = N_g \times 700 \times e^{0,54 \times D_K}$$

onde:

V_{re}	Volume de escavação em rocha acima da cota do pátio da área de montagem, em m ³
V_{rp}	Volume de escavação em rocha entre a cota do pátio da área de montagem e a cota da linha de centro do distribuidor da turbina, em m ³
V_{rd}	Volume de escavação em rocha abaixo da linha de centro do distribuidor da turbina, em m ³
B_{cf}	Largura da casa de força, em m
B_{am}	Largura da área de montagem, em m
B_{1cf}	Largura de bloco da unidade da casa de força, em m
h_r	Profundidade média de escavação em rocha acima da cota do pátio da área de montagem, em m
L_{cf}	Comprimento da casa de força, em m
NA_{xfu}	Nível d'água máximo no canal de fuga
El_d	Cota da linha de centro do distribuidor da turbina
N_g	Número de unidades geradoras
D_K	Diâmetro do rotor da turbina, em m

O preço unitário de escavação em rocha é de R\$21,00/m³ na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da casa de força. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- Quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%.
- Quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço unitário poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (conta .11.13.00.13)

Deve-se prever limpeza em toda área de fundação. A área de limpeza da fundação, A_{lf} (m²), da casa de força é dada pela expressão:

$$A_{lf} = B_{cf} \times L_{cf} + B_{am} \times L_{cs}$$

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, em m
L_{cf}	Comprimento da casa de força, em m
B_{am}	Largura da área de montagem, em m
L_{cs}	Comprimento da superestrutura da casa de força, em m

O comprimento da injeção de cimento, L_{1tf} (m), para tratamento de fundação da casa de força é dado pela expressão:

$$L_{1tf} = \frac{B_{cf}}{3} \times L_{1tf}$$

sendo: $L_{1tf} = 1,5 \times (NA_{xfu} - El_d + Y) \leq 40$ m

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, em m
L_{1tf}	Comprimento de um furo de injeção de cimento, em m
NA_{xfu}	Nível d'água máximo no canal de fuga
El_d	Cota da linha de centro do distribuidor da turbina
Y	Altura do tubo de sucção até o centro do distribuidor, em m

Os preços unitários dos serviços correspondentes a limpeza e tratamento de fundação – expressos em reais, válidos para data base dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste –, incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/m²
- Furo roto-percussivo: 168,00/m
- Injeção com calda de cimento: 72,00/m
- Chumbador: 241,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (conta .11.13.00.14)

O volume de concreto, V_{ccf} (m³), da casa de força abrigada é dado pela expressão:

$$V_{ccf} = N_g \times (V_{cf} + 1,5 \times V_{cs}) + V_{ce} + V_{cd} + V_{cn} + V_{ca}$$

sendo:

válidas para $1,5 \leq D_k \leq 8,0$ m:

$$V_{cf} = 530 \times e^{0,535 \times D_k}$$

$$V_{cs} = 235 \times e^{0,381 \times D_k}$$

$$V_{ce} = 410 \times e^{0,314 \times D_k}$$

para $N_g \leq 3$: $V_{ca} = V_{cs}$

para $N_g > 3$: $V_{ca} = 2 \times V_{cs}$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
V_{cf}	Volume de concreto da infra-estrutura, em m ³
V_{cs}	Volume de concreto da superestrutura, em m ³
V_{ce}	Volume de concreto de uma parede em cada uma das extremidades, em m ³
V_{cd}	Volume de concreto correspondente à escavação adicional necessária por fundação deficiente, em m ³
V_{cn}	Volume de concreto resultante de modificações no projeto para nível d'água máximo do canal de fuga superior à cota do piso do gerador, em m ³
V_{ca}	Volume de concreto da área de montagem, em m ³
D_k	Diâmetro do rotor da turbina, em m

O volume de concreto, V_{ccf} (m³), da casa de força semi-abrigada é dado pela expressão:

$$V_{ccf} = N_g \times (V_{cf} + V_{cs}) + V_{ce} + V_{cd} + V_{cn} + V_{ca}$$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
V_{cf}	Volume de concreto da infra-estrutura, em m ³

V_{cs}	Volume de concreto da superestrutura, em m^3
V_{ce}	Volume de concreto de uma parede em cada uma das extremidades, em m^3
V_{cd}	Volume de concreto correspondente à escavação adicional necessária por fundação deficiente, em m^3
V_{cn}	Volume de concreto resultante de modificações no projeto para nível d'água máximo do canal de fuga superior à cota do piso do gerador, em m^3
V_{ca}	Volume de concreto da área de montagem, em m^3
D_K	Diâmetro do rotor da turbina, em m

O volume de concreto, V_{ccf} (m^3), da casa de força aberta é dado pela expressão:

$$V_{ccf} = N_g \times (V_{cf} + 0,15 \times V_{cs}) + 0,6 \times V_{ce} + V_{cd} + V_{cn} + 0,25 \times V_{ca}$$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
V_{cf}	Volume de concreto da infra-estrutura, em m^3
V_{cs}	Volume de concreto da superestrutura, em m^3
V_{ce}	Volume de concreto de uma parede em cada uma das extremidades, em m^3
V_{cd}	Volume de concreto correspondente à escavação adicional necessária por fundação deficiente, em m^3
V_{cn}	Volume de concreto resultante de modificações no projeto para nível d'água máximo do canal de fuga superior à cota do piso do gerador, em m^3
V_{ca}	Volume de concreto da área de montagem, em m^3
D_K	Diâmetro do rotor da turbina, em m

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m^3)	Armadura (kg/m^3)
Infra-estrutura	275	50
Superestrutura	300	100
Parede extrema	250	75
Dental	200	0
Concreto projetado	300	70

O preço unitário do cimento é de R\$348,00/t na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da armadura é de R\$4.327,00/t na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do concreto sem cimento expressos em reais por metro cúbico do volume da casa de força e válidos para data base dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Concreto da infra-estrutura e paredes extremas: 214,00/ m^3
- Concreto dental: 113,00/ m^3
- Concreto da superestrutura: 214,00/ m^3

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressivas, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobi-

lização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço unitário do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Instalações e Acabamentos (conta .11.13.00.15)

O custo das instalações e acabamento, C_{ia} (R\$), que engloba todos os serviços necessários ao acabamento da casa de força, tais como: paredes divisórias, revestimentos, instalações, esquadrias, vidros, dentre outros, é obtido como um custo global pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 20, em função da potência instalada) e válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996a):

$$\text{válido para } 30 \leq P \leq 1.450 \text{ MW: } C_{ia} = 6.150 \times P^{1 + \frac{15,34}{P}}$$

onde:

P	Potência instalada, em MW
---	---------------------------

Benfeitorias na Área da Usina (conta .11.12)

O custo das benfeitorias na área da usina, C_{bau} (R\$), que engloba serviços relativos à execução de estradas internas de acessos às estruturas, construção de guaritas e cercas, tratamento paisagístico, dentre outros, é obtido como um custo global pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 19, Anexo B, em função da potência instalada), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996a):

$$\text{válido para } 30 \leq P \leq 1.450 \text{ MW: } C_{bau} = 1.565 + \left(\frac{772,973}{P} \right)$$

onde:

P	Potência instalada, em MW
---	---------------------------

Vila de Operadores (conta .11.14)

Este custo será incluído no do acampamento (conta .17.21).

Turbinas (conta .13.13.00.23.28)

O custo de aquisição de cada turbina Kaplan com caixa espiral de aço, C_{tka} (R\$), que inclui os equipamentos eletromecânicos, peças e materiais normalmente fornecidos pelo fabricante da mesma – custo FOB, sem inclusão de custos de transporte e seguro, montagem e testes e provisões para impostos e taxas incidentes conforme legislação tributária vigente – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 11, Anexo B, em função da potência unitária da turbina e a velocidade síncrona), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$\text{válido para } 20 \leq z \leq 2500: C_{tka} = 0,0058 \times z^2 + 40,609 \times z + 3.122,5$$

$$\text{sendo: } z = \frac{P_{1t}}{n}$$

onde:

z	Parâmetro, em kW/rpm
P_{1t}	Potência de uma turbina, em kW
n	Velocidade síncrona, em rpm

Ao custo FOB, deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro.
- 8,0%: para montagem e testes.
- 28,0%: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Comportas Ensecadeiras do Tubo de Sucção (conta .13.13.00.23.16)

A quantidade de comportas ensecadeiras, N_{sl} , é dada pelas expressões:

para $N_g \leq 10$: $N_{sl} = 2 \times N_{vs}$

para $N_g > 10$: $N_{sl} = 3 \times N_{vs}$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
N_{vs}	Número de vãos de cada tubo de sucção

O custo de aquisição de cada comporta ensecadeira do tubo de sucção, C_{sl} (R\$), – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 25, Anexo B, em função de suas dimensões e carga hidrostática), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

válido para $0,16 \leq z \leq 54,5$: $C_{sl} = 72,9 \times z^{0,716}$

sendo:

$$z = \frac{B_{cp}^2 \times H_{cp} \times H_x}{1000} \quad H_{cp} = R$$

$$H_x = NA_{xfu} - El_d + Y \quad B_{cp} = \frac{Z - U}{N_{vs}}$$

onde:

z	Parâmetro, em m^4
B_{cp}	Largura da comporta ensecadeira, em m
H_{cp}	Altura da comporta ensecadeira, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta ensecadeira, em m
R	Altura da abertura do tubo de sucção na saída, em m
NA_{xfu}	Nível d'água máximo no canal de fuga
El_d	Cota da linha de centro do distribuidor da turbina
Y	Altura do tubo de sucção até o centro do distribuidor, em m
Z	Largura do tubo de sucção, em m
U	Largura do pilar do tubo de sucção, em m
N_{vs}	Número de vãos de cada tubo de sucção.

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

O custo global de aquisição de guias e partes fixas embutidas no concreto das comportas ensecadeiras do tubo de sucção, C_{gpf} (R\$), – custo FOB – é dado pela expressão abaixo, válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$C_{gpf} = 2 \times N_{vs} \times N_g \times (H_x + 2,0) \times 2.084,80$$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta ensecadeira, em m
N_{vs}	Número de vãos de cada tubo de sucção

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos

Guindaste do Tubo de Sucção (conta .13.13.00.23.20)

Em razão do preço do guindaste do tubo de sucção ser de pequena monta, o mesmo pode ser desprezado.

Geradores (conta .13.13.00.23.29)

O custo de aquisição de cada gerador de eixo vertical, C_{gv} (R\$), que inclui gerador e equipamentos associados – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 16, Anexo B, em função da relação entre a potência de um gerador e o seu número de pólos e levando em consideração a velocidade síncrona), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$\text{válido para } 0,0004 \leq \lambda \leq 0,0483: C_{gv} = 42280 \times \lambda^{0,6298}$$

$$\text{sendo: } \lambda = \frac{P_2}{n} \quad \text{e} \quad P_2 = \frac{P_1}{f_p}$$

onde:

P_2	Potência de um gerador, em MVA
λ	Torque magnético, em MVA/rpm
n	Velocidade síncrona, em rpm
P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
f_p	Fator de potência.

Ao custo FOB, deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro.
- 8,0%: para montagem e testes.
- 15,0%: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Equipamento Elétrico Acessório (conta .14.00.00.23)

O custo de aquisição do equipamento elétrico acessório deve ser considerado como igual a 18% do custo global da Conta .13 – Turbinas e Geradores.

Guindaste e Ponte Rolante (conta.15.13.00.23.20)

O sistema de movimentação de cargas pode ser um pórtico rolante externo ou uma ou duas pontes rolantes internas. O custo de aquisição da ponte ou pontes, C_{prv} (R\$), – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 17, Anexo B, em função da relação entre a potência de um gerador e o seu número de pólos), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$\text{válido para } 68,9 \leq z \leq 4.582: C_{prv} = 25,12 \times z^{0,6961}$$

$$\text{sendo: } z = 1000 \times \frac{P_2}{n}$$

onde:

z	Parâmetro, em kVA/rpm
P_2	Potência de um gerador, em MVA
n	Velocidade síncrona, em rpm

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

O custo de aquisição do pórtico rolante, C_{pcr} (R\$), – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 18, Anexo B, em função da relação entre a potência de um gerador e o seu número de pólos), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$\text{válido para } 68,9 \leq z \leq 4.582: C_{\text{pcr}} = 59,506 \times z^{0,6621}$$

$$\text{sendo: } z = 1000 \times \frac{P_2}{n}$$

onde:

z	Parâmetro, em kVA/rpm
P_2	Potência de um gerador, em MVA
n	Velocidade síncrona, em rpm

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Equipamentos Diversos (conta .15.00.00.23.31)

O custo de aquisição dos equipamentos diversos deve ser considerado como igual a 6% do custo global da Conta .13 – Turbinas e Geradores. Casa de força equipada com turbinas Kaplan com caixa semi-espiral de concreto.

CASA DE FORÇA EQUIPADA COM TURBINAS KAPLAN COM CAIXA SEMI-ESPIRAL DE CONCRETO

As principais informações para quantificação são as seguintes:

- Cota média do terreno na área da casa de força, El_{te} , em m.
- Espessura média da camada de terra na área da casa de força, e_{te} , em m.
- Volume de concreto correspondente à escavação adicional necessária por fundação deficiente, V_{cd} , em m^3 .
- Volume de concreto resultante de modificações no projeto para nível d'água máximo do canal de fuga superior à cota do piso do gerador, V_{cn} , em m^3 .
- Tipo de casa de força.
- Nível d'água máximo do canal de fuga, NA_{xfu} , do item 5.1.2.

Velocidades

A velocidade específica inicial, n'_s , é obtida no Gráfico 5.7.2.06 em função da queda líquida máxima ou pelas expressões equivalentes (Eletrosul, 1996):

$$\text{para } 8 \leq H_1 \leq 70 \text{ m: } n'_s = 2966 \times H_1^{-0,544}$$

onde:

H_1	Queda líquida máxima, em m.
-------	-----------------------------

A velocidade inicial, n' (rpm), é dada pela expressão:

$$n' = n'_s \times H_1^{1,25} \times P_{1t}^{-0,5}$$

$$\text{sendo: } P_{1t} = \frac{10^3 \times P_1}{\eta_g}$$

onde:

n'_s	Velocidade específica inicial
--------	-------------------------------

H_1	Queda líquüida máxüma, em m
P_{1t}	Potência unitária da turbina, em kW
P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
η_g	0,98 – rendimento do gerador para queda líquüida máxüma

O número de pólos do gerador, p , é obtido a partir do Quadro 5.7.2.01, em função da velocidade síncrona inicial, ou pelas expressões equivalentes:

$$\text{para } n' \geq 1,2 \times f: p = 2 \times \text{int} \left(120 \times \frac{f}{n'} \times \frac{1}{2} + 0,999 \right)$$

e diferente de 54, 74 e 94

$$\text{para } n' < 1,2 \times f: p = 4 \times \text{int} \left(120 \times \frac{f}{n'} \times \frac{1}{4} + 0,999 \right)$$

onde:

f	Freqüência do sistema elétrico, em Hz
n'	Velocidade inicial, em rpm
$\text{int}(x)$	Função que retorna com a parte inteira de x

A velocidade síncrona, n (rpm), é dada pela expressão:

$$n = 120 \times \frac{f}{p}$$

onde:

f	Freqüência do sistema elétrico, em Hz
p	Número de pólos do gerador

A velocidade específica, n_s , é dada pela expressão:

$$n_s = n \times H_1^{-1,25} \times P_{1t}^{0,5}$$

onde:

n	Velocidade síncrona, em rpm
H_1	Queda líquüida máxüma, em m
P_{1t}	Potência de uma turbina, em kW

Diâmetro e posição do rotor da turbina

O coeficiente de velocidade periférica, K_u , é obtido no Gráfico 5.7.2.07 em função da velocidade específica ou pela expressão equivalente (Schweiger et Gregori, 1987):

$$K_u = 0,8434 + 0,00152 \times n_s$$

onde:

n_s	Velocidade específica
-------	-----------------------

O diâmetro do rotor da turbina, D_K (m), é dado pela expressão:

$$D_K = 0,01 \times \text{int} \left(84,5 \times K_u \times \frac{H_1^{0,5}}{n} \times \frac{1}{0,01} + 0,5 \right)$$

onde:

K_u	Coefficiente de velocidade periférica
-------	---------------------------------------

H_1	Queda líquida média, em m
n	Velocidade síncrona

A altura de sucção, h_s (m), é dada pela expressão:

$$h_s = K - \sigma \times H_1$$

sendo: $K = 10,33 - 0,0012 \times NA_{fu} - 0,013 \times T$

$$\sigma = 6,40 \times 10^{-5} \times n_s^{1,46}$$

onde:

K	Altura de pressão, em m
σ	Coefficiente de Thoma (Siervo et Leva, 1977)
H_1	Queda líquida máxima, em m
NA_{fu}	Nível d'água normal do canal de fuga
T	Temperatura média da água no verão, em °C
n_s	Velocidade específica

A cota da linha de centro do distribuidor da turbina, El_d , é dada pela expressão:

$$El_d = NA_{nfu} + h_s + H'_1$$

onde:

NA_{nfu}	Nível d'água mínimo a jusante
h_s	Altura de sucção, em m
H'_1	Dimensão da turbina definida adiante
D_K	Diâmetro do rotor da turbina

Dimensões da Turbina, da Caixa Semi-espiral, do Gerador e do Tubo de Sucção

As dimensões da turbina e do gerador são dadas pelas seguintes expressões (Eletrosul, 1996). As dimensões estão referidas nas Figura 5.7.2.13 e 5.7.2.14.

$$\begin{aligned}
 B &= 1,8 \times D_k & C &= 1,2 \times D_k \\
 D &= 1,5 \times D_k & F &= 1,65 \times D_k \\
 G &= 1,3 \times D_k & R &= 1,2 \times D_k \\
 S &= 4,6 \times D_k & X &= 3,0 \times D_k \\
 Y &= 2,65 \times D_k & H'_1 &= 0,4 \times D_k \\
 U &= 1,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

onde:

H'_1	Dimensão da turbina, em m
B, C, D	Dimensões da caixa semi-espiral, em m
R	Altura da abertura do tubo de sucção na saída, em m
S	Comprimento do tubo de sucção, em m
U	Largura do pilar do tubo de sucção, em m
Y	Altura do tubo de sucção até centro do distribuidor, em m
X	Largura do tubo de sucção, em m
N_{vs}	2 – número de vãos de cada tubo de sucção
D_K	Diâmetro de saída do rotor da turbina, em m
n_s	Velocidade específica

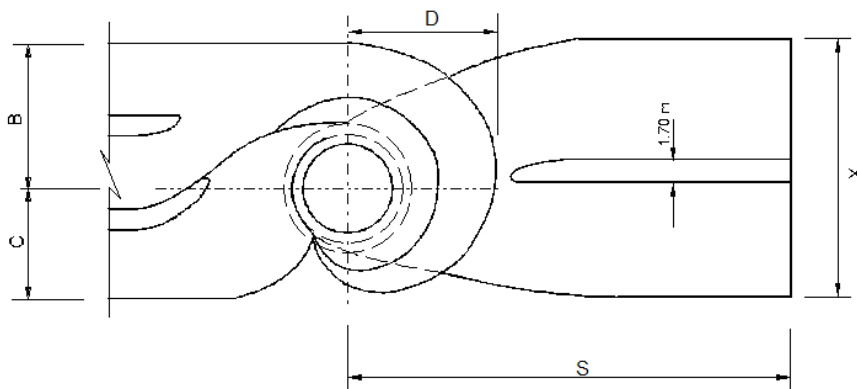


Figura 5.7.2.13 – Planta de caixa semi-espiral e tubo de sucção – Turbina Kaplan com caixa semi-espiral de concreto.

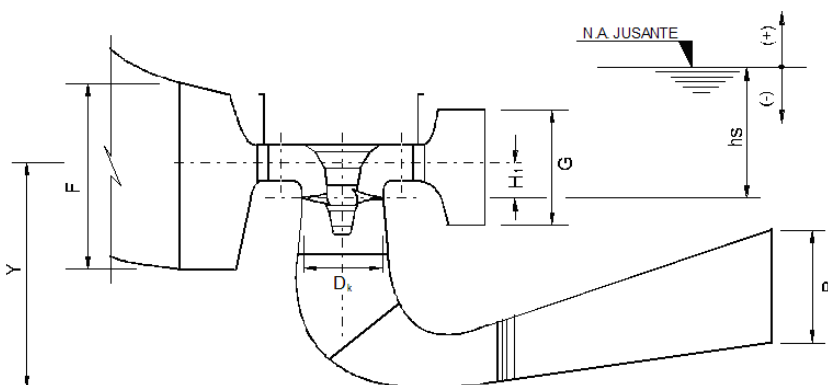


Figura 5.7.2.14 – Corte da caixa semi-espiral e tubo de sucção – Turbina Kaplan com caixa semi-espiral de concreto.

O diâmetro estimado do poço do gerador, D_{pg} (m), é dado pela expressão (COPEL, 1977):

$$D_{pg} = 9,0 \times \left(\frac{1000 \times P_1}{f_p \times n^2} \right)^{0,2}$$

onde:

P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
f_p	Fator de potência
n	Velocidade síncrona, em rpm

Dimensões da Casa de Força

A largura de bloco da unidade da casa de força no sentido transversal ao fluxo, B_{1cf} (m), é dada pela expressão:

$$B_{1cf} = B + C + 2 \times (0,6 + 0,2 \times D_K)$$

onde:

A, B, C	Dimensões da caixa semi-espiral, em m
D_K	Diâmetro do rotor da turbina, em m

A largura total da casa de força, B_{cf} (m), sem incluir a área de montagem, é dada pela expressão:

$$B_{cf} = N_g \times B_{1cf} + 2,0$$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
B_{1cf}	Largura de bloco da unidade da casa de força, em m

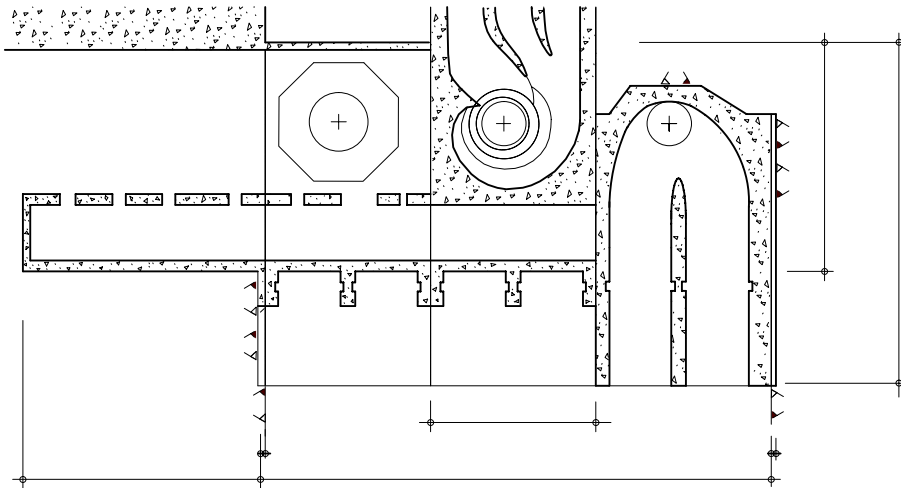


Figura 5.7.2.15 – Planta da casa de força e área de montagem – Turbina Kaplan com caixa semi-espiral de concreto.

A largura da área de montagem dos equipamentos, B_{am} (m), é dada pela expressão:

para $N_g \leq 3$: $B_{am} = 1,5 \times B_{1cf}$

para $N_g > 3$: $B_{am} = 2,25 \times B_{1cf}$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
B_{1cf}	Largura de bloco da unidade da casa de força, em m

O comprimento da superestrutura, L_{cs} (m), é dado pela expressão:

$$L_{cs} = d_1 + d_2$$

sendo: $d_1 = \frac{D_{pg}}{2} + 2,1 + 0,2 \times D_K$ e $d_2 = D + 2,1 + 0,2 \times D_K$

onde:

d_1	Distância entre a face externa da parede de montante e a linha central das unidades geradoras, em m
d_2	Distância entre a linha central das unidades geradoras e a face externa da parede de jusante, em m
D_{pg}	Diâmetro do poço do gerador, em m
D_K	Diâmetro do rotor da turbina, em m
D	Dimensão da turbina, em m

O comprimento da casa de força, L_{cf} (m), é dado pela expressão:

$$L_{cf} = d_1 + S$$

onde:

d_1	Distância entre a face externa da parede de montante e a linha central das unidades geradoras, em m
S	Comprimento do tubo de sucção, em m

O comprimento da área de montagem dos equipamentos, L_{am} (m), é dado pela expressão:

$$L_{am} = L_{cs}$$

onde:

L_{cs}	Comprimento da superestrutura, em m
----------	-------------------------------------

Escavação Comum (conta .11.13.00.12.10)

O volume de escavação comum, V_{tcf} (m^3), na casa de força é dado pela expressão:

$$V_{\text{tcf}} = (B_{\text{cf}} + B_{\text{am}} + 2 \times B_{\text{1cf}} + 2 \times 0,6 \times h_r) \times L_{\text{cf}} \times e_{\text{te}}$$

$$\text{sendo: } h_r = El_{\text{te}} - e_{\text{te}} - (NA_{\text{xftu}} + 1,5)$$

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, em m
B_{am}	Largura da área de montagem, em m
B_{1cf}	Largura de bloco da unidade da casa de força, em m
h_r	Profundidade média de escavação em rocha acima da cota do pátio da área de montagem, em m
L_{cf}	Comprimento da casa de força, em m
e_{te}	Espessura média da camada de terra na área da casa de força, em m
El_{te}	Cota média do terreno na área da casa de força
NA_{xftu}	Nível d'água máximo no canal de fuga

O preço unitário de escavação comum é de R\$7,60/ m^3 na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da casa de força. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- Quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%.
- Quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (conta .11.13.00.12.11)

O volume de escavação em rocha, V_{rcf} (m^3), na casa de força é dado pela expressão:

$$V_{\text{rcf}} = V_{\text{re}} + V_{\text{rp}} + V_{\text{rd}}$$

sendo válida para $1,5 \leq D_k \leq 8,0$ m

$$V_{\text{re}} = (B_{\text{cf}} + B_{\text{am}} + 2 \times B_{\text{1cf}} + 0,6 \times h_r) \times L_{\text{cf}} \times h_r$$

$$V_{\text{rp}} = B_{\text{cf}} \times L_{\text{cf}} \times (NA_{\text{xftu}} + 1,5 - El_d)$$

$$V_{\text{rd}} = N_g \times 700 \times e^{0,54 \times D_k}$$

onde:

V_{re}	Volume de escavação em rocha acima da cota do pátio da área de montagem, em m^3
V_{rp}	Volume de escavação em rocha entre a cota do pátio da área de montagem e a cota da linha de centro do distribuidor da turbina, em m^3
V_{rd}	Volume de escavação em rocha abaixo da linha de centro do distribuidor da turbina, em m^3
B_{cf}	Largura da casa de força, em m

B_{am}	Largura da área de montagem, em m
B_{1cf}	Largura de bloco da unidade da casa de força, em m
h_r	Profundidade média de escavação em rocha acima da cota do pátio da área de montagem, em m
L_{cf}	Comprimento da casa de força, em m
NA_{xfu}	Nível d'água máximo no canal de fuga
El_d	Cota da linha de centro do distribuidor da turbina
N_g	Número de unidades geradoras
D_K	Diâmetro do rotor da turbina, em m

O preço unitário de escavação em rocha é de R\$21,00/m³ na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da casa de força. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- Quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes descontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%.
- Quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço unitário poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (conta .11.13.00.13)

Deve-se prever limpeza em toda área de fundação. A área de limpeza da fundação, A_{lf} (m²), da casa de força é dada pela expressão:

$$A_{lf} = B_{cf} \times L_{cf} + B_{am} \times L_{cs}$$

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, em m
L_{cf}	Comprimento da casa de força, em m
B_{am}	Largura da área de montagem, em m
L_{cs}	Comprimento da superestrutura da casa de força, em m

O comprimento da injeção de cimento, L_{1tf} (m), para tratamento de fundação da casa de força é dado pela expressão:

$$L_{1tf} = \frac{B_{cf}}{3} \times L_{1tf}$$

sendo: $L_{1tf} = 1,5 \times (NA_{xfu} - El_d + Y) \leq 40$ m

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, em m
L_{1tf}	Comprimento de um furo de injeção de cimento, em m
NA_{xfu}	Nível d'água máximo no canal de fuga
El_d	Cota da linha de centro do distribuidor da turbina
Y	Altura do tubo de sucção até o centro do distribuidor, em m

Os preços unitários dos serviços correspondentes a limpeza e tratamento de fundação – expressos em reais, válidos para data base dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões

Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste –, incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/m²
- Furo roto-percussivo: 168,00/m
- Injeção com calda de cimento: 72,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (conta .11.13.00.14)

O volume de concreto, V_{ccf} (m³), da casa de força abrigada é dado pela expressão:

$$V_{ccf} = N_g \times (V_{cf} + 1,5 \times V_{cs}) + V_{ce} + V_{cd} + V_{cn} + V_{ca}$$

sendo válidas para $1,5 \leq D_K \leq 8,0$ m:

$$V_{cf} = 485 \times e^{0,535 \times D_K}$$

$$V_{cs} = 215 \times e^{0,381 \times D_K}$$

$$V_{ce} = 370 \times e^{0,314 \times D_K}$$

para $N_g \leq 3$: $V_{ca} = V_{cs}$

para $N_g > 3$: $V_{ca} = 2 \times V_{cs}$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
V_{cf}	Volume de concreto da infra-estrutura, em m ³
V_{cs}	Volume de concreto da superestrutura, em m ³
V_{ce}	Volume de concreto de uma parede em cada uma das extremidades, em m ³
V_{cd}	Volume de concreto correspondente à escavação adicional necessária por fundação deficiente, em m ³
V_{cn}	Volume de concreto resultante de modificações no projeto para nível d'água máximo do canal de fuga superior à cota do piso do gerador, em m ³
V_{ca}	Volume de concreto da área de montagem, em m ³
D_K	Diâmetro do rotor da turbina, em m

O volume de concreto, V_{ccf} (m³), da casa de força semi-abrigada é dado pela expressão:

$$V_{ccf} = N_g \times (V_{cf} + V_{cs}) + V_{ce} + V_{cd} + V_{cn} + V_{ca}$$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
V_{cf}	Volume de concreto da infra-estrutura, em m ³
V_{cs}	Volume de concreto da superestrutura, em m ³
V_{ce}	Volume de concreto de uma parede em cada uma das extremidades, em m ³
V_{cd}	Volume de concreto correspondente à escavação adicional necessária por fundação deficiente, em m ³
V_{cn}	Volume de concreto resultante de modificações no projeto para nível d'água máximo do canal de fuga superior à cota do piso do gerador, em m ³
V_{ca}	Volume de concreto da área de montagem, em m ³
D_K	Diâmetro do rotor da turbina, em m

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m ³)	Armadura (kg/m ³)
Infra-estrutura	275	50
Superestrutura	300	100
Parede extrema	250	75
Dental	200	0
Concreto projetado	300	70

O preço unitário do cimento é de R\$348,00/t na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da armadura é de R\$4.327,00/t na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do concreto sem cimento expressos em reais por metro cúbico do volume da casa de força e válidos para data base dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Concreto da infra-estrutura e paredes extremas: 214,00/m³
- Concreto dental: 113,00/m³
- Concreto da superestrutura: 214,00/m³

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressivas, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobilização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço unitário do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Instalações e acabamentos (conta .11.13.00.15)

O custo das instalações e acabamento, C_{ia} (R\$), que engloba todos os serviços necessários ao acabamento da casa de força, tais como: paredes divisórias, revestimentos, instalações, esquadrias, vidros, dentre outros, é obtido como um custo global pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 20, em função da potência instalada) e válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996a):

$$\text{válido para } 30 \leq P \leq 1.450 \text{ MW: } C_{ia} = 6.150 \times P^{1 + \frac{15,34}{P}}$$

onde:

P Potência instalada, em MW

Benfeitorias na Área da Usina (conta .11.12)

O custo das benfeitorias na área da usina, C_{bau} (R\$), que engloba serviços relativos à execução de estradas internas de acessos às estruturas, construção de guaritas e cercas, tratamento paisagístico, dentre outros, é obtido como um custo global pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 19, Anexo B, em função da potência instalada), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996a):

$$\text{válido para } 30 \leq P \leq 1.450 \text{ MW: } C_{bau} = 1.565 + \left(\frac{772.973}{P} \right)$$

onde:

P	Potência instalada, em MW
---	---------------------------

Vila de Operadores (conta .11.14)

Este custo será incluído no do acampamento (conta .17.21).

Turbinas (conta .13.13.00.23.28)

O custo de aquisição de cada turbina Kaplan com caixa semi-espiral de aço, C_{tkc} (R\$), que inclui os equipamentos eletromecânicos, peças e materiais normalmente fornecidos pelo fabricante da mesma – custo FOB, sem inclusão de custos de transporte e seguro, montagem e testes e provisões para impostos e taxas incidentes conforme legislação tributária vigente – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 11, Anexo B, em função da potência unitária da turbina e a velocidade síncrona), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

válido para $20 \leq z \leq 2500$: $C_{tkc} = -0,0058 \times z^2 + 40,609 \times z + 3.122,5$

sendo: $z = \frac{P_{1t}}{n}$

onde:

Z	Parâmetro, em kW/rpm
P_{1t}	Potência de uma turbina, em kW
n	Velocidade síncrona, em rpm

Ao custo FOB, deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro.
- 8,0%: para montagem e testes.
- 28,0%: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Comportas Ensecadeiras do Tubo de Sucção (conta .13.13.00.23.16)

A quantidade de comportas ensecadeiras, N_{sl} , é dada pelas expressões:

para $N_g \leq 10$: $N_{sl} = 2 \times N_{vs}$

para $N_g > 10$: $N_{sl} = 3 \times N_{vs}$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
N_{vs}	Número de vãos de cada tubo de sucção

O custo de aquisição de cada comporta ensecadeira do tubo de sucção, C_{sl} (R\$), – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 25, Anexo B, em função de suas dimensões e carga hidrostática), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

válido para $0,16 \leq z \leq 54,5$: $C_{sl} = 72,9 \times z^{0,716}$

sendo: $z = \frac{B_{cp}^2 \times H_{cp} \times H_x}{1000}$

$H_{cp} = R$

$H_x = NA_{xft} - EI_d + Y$

$B_{cp} = \frac{Z - U}{N_{vs}}$

onde:

z	Parâmetro, em m^4
B_{cp}	Largura da comporta ensecadeira, em m
H_{cp}	Altura da comporta ensecadeira, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta ensecadeira, em m
R	Altura da abertura do tubo de sucção na saída, em m
NA_{xftu}	Nível d'água máximo no canal de fuga
El_d	Cota da linha de centro do distribuidor da turbina
Y	Altura do tubo de sucção até o centro do distribuidor, em m
Z	Largura do tubo de sucção, em m
U	Largura do pilar do tubo de sucção, em m
N_{vs}	Número de vãos de cada tubo de sucção

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

O custo global de aquisição de guias e partes fixas embutidas no concreto das comportas ensecadeiras do tubo de sucção, C_{gpf} (R\$), – custo FOB – é dado pela expressão abaixo, válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$C_{gpf} = 2 \times N_{vs} \times N_g \times (H_x + 2,0) \times 2.084,80$$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta ensecadeira, em m
N_{vs}	Número de vãos de cada tubo de sucção

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Guindaste do Tubo de Sucção (conta .13.13.00.23.20)

Em razão do preço do guindaste do tubo de sucção ser de pequena monta, o mesmo pode ser desprezado.

Geradores (conta .13.13.00.23.29)

O custo de aquisição de cada gerador de eixo vertical, C_{gv} (R\$), que inclui regulador de tensão e equipamentos eletromecânicos auxiliares – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 16, Anexo B, em função da relação entre a potência de um gerador e o seu número de pólos e levando em consideração a velocidade síncrona), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$\text{válido para } 0,0004 \leq \lambda \leq 0,0483 : C_{gv} = 42280 \times \lambda^{0,6298}$$

$$\text{sendo: } \lambda = \frac{P_2}{n} \quad \text{e} \quad P_2 = \frac{P_1}{f_p}$$

onde:

P_2	Potência de um gerador, em MVA
λ	Torque magnético, em MVA/rpm
n	Velocidade síncrona, em rpm
P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
f_p	Fator de potência

Ao custo FOB, deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro.
- 8,0%: para montagem e testes.
- 28,0%: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Equipamento Elétrico Acessório (conta .14.00.00.23)

O custo de aquisição do equipamento elétrico acessório deve ser considerado como igual a 18% do custo global da Conta .13 – Turbinas e Geradores.

Guindaste e Ponte Rolante (conta .15.13.00.23.20)

O sistema de movimentação de cargas pode ser um pórtico rolante externo ou uma ou duas pontes rolantes internas. O custo de aquisição da ponte ou pontes, C_{prv} (R\$), – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 17, Anexo B, em função da relação entre a potência de um gerador e o seu número de pólos), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$\text{válido para } 68,9 \leq z \leq 4.582: C_{prv} = 25,12 \times z^{0,6961}$$

$$\text{sendo: } z = 1000 \times \frac{P_2}{n}$$

onde:

z	Parâmetro, em kVA/rpm
P_2	Potência de um gerador, em MVA
n	Velocidade síncrona, em rpm

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

O custo de aquisição do pórtico rolante, C_{pcr} (R\$), – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 18, Anexo B, em função da relação entre a potência de um gerador e o seu número de pólos), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$\text{válido para } 68,9 \leq z \leq 4.582: C_{pcr} = 59,506 \times z^{0,6621}$$

$$\text{sendo: } z = 1000 \times \frac{P_2}{n}$$

onde:

z	Parâmetro, em kVA/rpm
P_2	Potência de um gerador, em MVA
n	Velocidade síncrona, em rpm

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos

Equipamentos Diversos (conta .15.00.00.23.31)

O custo de aquisição dos equipamentos diversos deve ser considerado como igual a 6% do custo global da Conta .13 – Turbinas e Geradores.

CASA DE FORÇA EQUIPADA COM TURBINAS BULBO

As principais informações para quantificação são as seguintes:

- Cota média do terreno na área da casa de força, El_{tc} , em m.
- Espessura média da camada de terra na área da casa de força, e_{tc} , em m.
- Nível d'água máximo do canal de fuga, NA_{xfu} , do item 5.1.2.
- Volume de concreto, V_{ccf} em m^3 .

Velocidades

A velocidade específica inicial, n'_s , é obtida no Gráfico 5.7.2.08 em função da queda líquida máxima ou pelas expressões equivalentes (Eletrosul, 1996):

para $3,4 \leq H_1 \leq 22,7$ m: $n'_s = 1,05 \times H_1^2 - 61 \times H_1 + 1405$

onde:

H_1 Queda líquida máxima, em m.

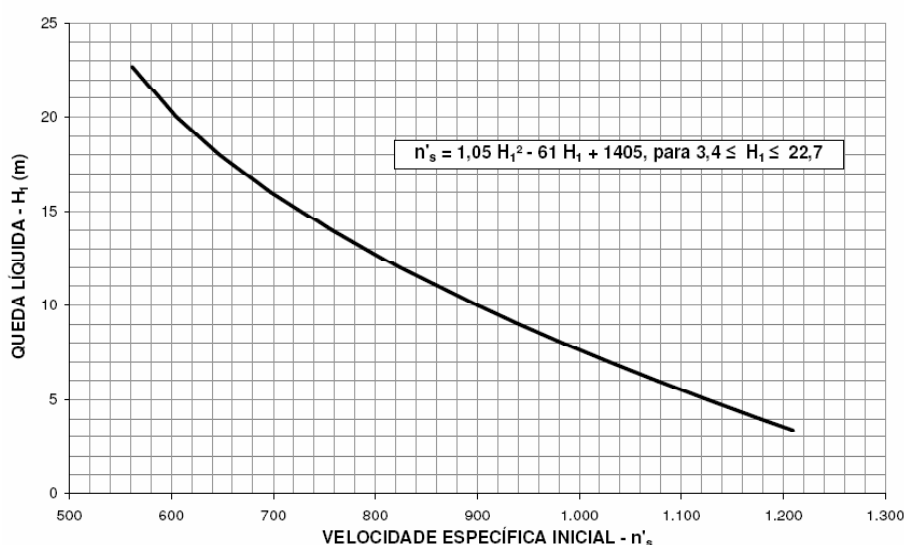


Gráfico 5.7.2.08 Velocidade específica inicial – turbinas Bulbo

A velocidade inicial, n' (rpm), é dada pela expressão:

$$n' = n'_s \times H_1^{1,25} \times P_{1t}^{-0,5}$$

sendo: $P_{1t} = \frac{10^3 \times P_1}{\eta_g}$

onde:

n'_s	Velocidade específica inicial
H_1	Queda líquida máxima, em m
P_{1t}	Potência unitária da turbina, em kW
P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
η_g	Rendimento do gerador para queda líquida máxima

O número de pólos do gerador, p , é obtido a partir do Quadro 5.7.2.01, em função da velocidade inicial, ou pelas expressões equivalentes:

para $n' \geq 1,2 \times f$: $p = 2 \times \text{int} \left(120 \times \frac{f}{n'} \times \frac{1}{2} + 0,999 \right)$

e diferente de 54, 74 e 94

$$\text{para } n' < 1,2 \times f : p = 4 \times \text{int} \left(120 \times \frac{f}{n'} \times \frac{1}{4} + 0,999 \right)$$

onde:

f	Freqüência do sistema elétrico, em Hz
n'	Velocidade inicial, em rpm
int(x)	Função que retorna com a parte inteira de x

A velocidade síncrona, n (rpm), é dada pela expressão:

$$n = 120 \times \frac{f}{p}$$

onde:

f	Freqüência do sistema elétrico, em Hz
p	Número de pólos do gerador.

A velocidade específica, n_s , é dada pela expressão:

$$n_s = n \times H_1^{-1,25} \times P_{1t}^{0,5}$$

onde:

n	Velocidade síncrona, em rpm
H_1	Queda líquida máxima, em m
P_{1t}	Potência de uma turbina, em kW

Diâmetro e posição do rotor da turbina

O coeficiente de velocidade periférica, K_u , é obtido no Gráfico 5.7.2.09 em função da velocidade específica ou pela expressão equivalente (Cruz, 1995):

$$K_u = 0,0823 \times n_s^{0,4788}$$

onde:

n_s	Velocidade específica
-------	-----------------------

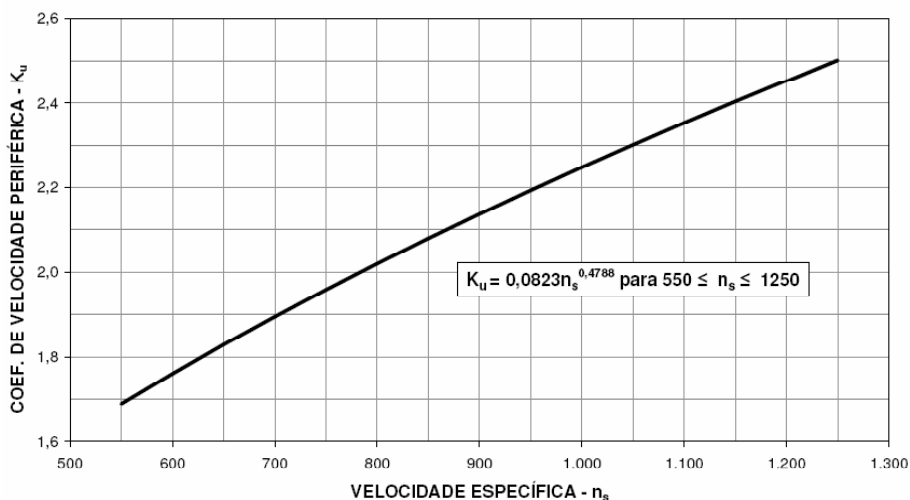


Gráfico 5.7.2.09 Coeficiente de velocidade periférica

O diâmetro do rotor da turbina, D_K (m), é dado pela expressão:

$$D_K = 0,01 \times \text{int} \left(84,5 \times K_u \times \frac{H_1^{0,5}}{n} \times \frac{1}{0,01} + 0,5 \right)$$

onde:

K_u	Coefficiente de velocidade periférica
H_1	Queda líquida média, em m
n	Velocidade síncrona

A altura de sucção, h_s (m), é dada pela expressão:

$$h_s = K - \sigma \times H_1$$

sendo:

$$K = 10,33 - 0,0012 \times NA_{fu} - 0,013 \times T$$

$$\sigma = 0,0035 \times n_s - 1,12$$

onde:

K	Variável, em função da pressão atmosférica e da pressão de vapor de água, em m
σ	Coefficiente de Thoma
H_1	Queda líquida máxima, em m
NA_{fu}	Nível d'água normal do canal de fuga
T	Temperatura média da água no verão, em °C
n_s	Velocidade específica

A cota de implantação, El_d , é dada pela expressão:

$$El_d = NA_{nfu} + h_s$$

onde:

NA_{nfu}	Nível d'água mínimo a jusante
h_s	Altura de sucção, em m
D_K	Diâmetro do rotor da turbina

Dimensões principais da turbina

As dimensões da turbina são dadas pelas seguintes expressões (Eletrosul, 1996). As dimensões estão referidas nas Figuras 5.7.2.16 e 5.7.2.17.

$$A = 2,25 \times D_k \qquad B = 2,00 \times D_k$$

$$D_B = 1,25 \times D_k \qquad L = 2,40 \times D_k$$

$$T = 2,87 \times D_k \qquad Q = 1,58 \times D_k$$

$$R = 1,58 \times D_k \qquad S = 5,12 \times D_k$$

$$X = 2,10 \times D_k$$

onde:

$A, B, D_B, L, T, Q, R, S, X$	Dimensões da turbina, em m
D_K	Diâmetro do rotor da turbina, em m

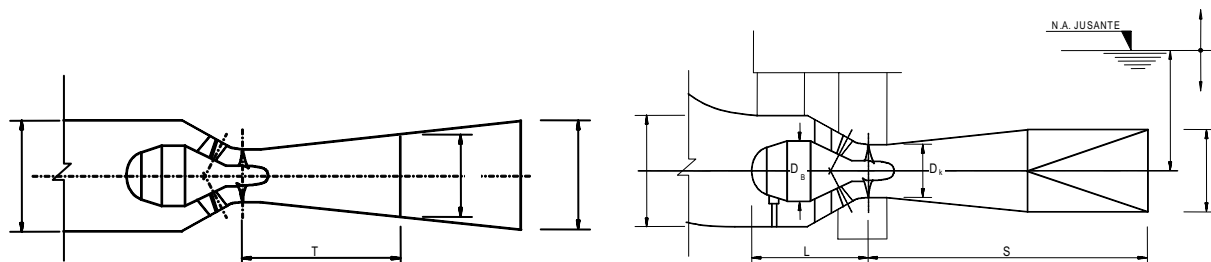


Figura 5.7.2.16 - Planta de uma unidade com Turbina Bulbo. Figura 5.7.2.17 - Corte de uma unidade com Turbina Bulbo.

Dimensões da Casa de Força

A largura de bloco da unidade da casa de força no sentido transversal ao fluxo, B_{1cf} (m), é dada pela expressão:

$$B_{1cf} = 2,55 \times D_k$$

onde:

D_k Diâmetro do rotor da turbina, em m

A largura total da casa de força, B_{cf} (m), sem incluir a área de montagem, é dada pela expressão:

$$B_{cf} = N_g \times B_{1cf} + 2,0$$

onde:

N_g Número de unidades geradoras

B_{1cf} Largura de bloco da unidade da casa de força, em m

A largura da área de montagem dos equipamentos, B_{am} (m), é dada pela expressão:

$$\text{para } N_g \leq 3 : B_{am} = 1,5 \times B_{1cf}$$

$$\text{para } N_g > 3 : B_{am} = 2,25 \times B_{1cf}$$

onde:

B_{1cf} Largura de bloco da unidade da casa de força, em m

N_g Número de unidades geradoras

O comprimento da área de montagem, L_{cs} (m), é dada pela expressão:

$$L_{cs} = 2 \times L$$

onde:

L Dimensão da turbina, em m

O comprimento da casa de força, L_{cf} (m), é dado pela expressão:

$$L_{cf} = L + S$$

onde:

L Dimensão da turbina, em m

S Comprimento do tubo de sucção, em m

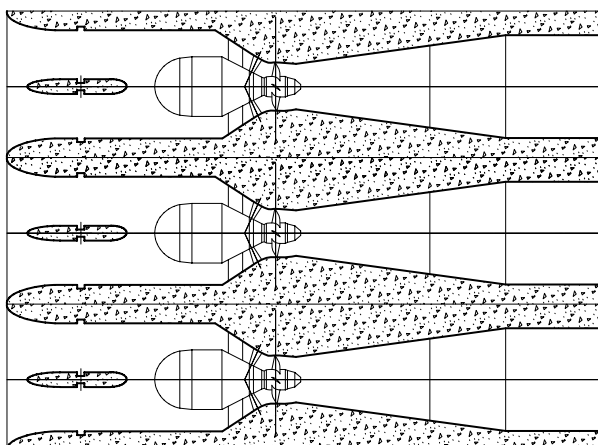


Figura 5.7.2.18 – Planta da casa de força – Turbina Bulbo.

Escavação Comum (conta .11.13.00.12.10)

O volume de escavação comum, V_{tcf} (m³), na casa de força externa, na ausência de maiores informações, pode ser determinado pela expressão:

$$V_{tcf} = (B_{cf} + B_{am} + 2 \times B_{lcf} + 2 \times 0,6 \times h_r) \times L_{cf} \times e_{te}$$

sendo: $h_r = El_{te} - e_{te} - (NA_{xfu} + 1,5)$

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, em m
B_{am}	Largura da área de montagem, em m
B_{lcf}	Largura de bloco da unidade da casa de força, em m
h_r	Profundidade média de escavação em rocha acima da cota do pátio da área de montagem, em m
L_{cf}	Comprimento da casa de força, em m
e_{te}	Espessura média da camada de terra na área da casa de força, em m
El_{te}	Cota média do terreno na área da casa de força
NA_{xfu}	Nível d’água máximo no canal de fuga

O preço unitário de escavação comum é de R\$7,60/m³ na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da casa de força. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- Quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%.
- Quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço unitário poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (conta .11.13.00.12.11)

O volume de escavação em rocha, V_{rcf} (m³), na casa de força, na ausência de maiores informações, pode ser determinado pela expressão:

$$V_{rcf} = V_{re} + V_{rp} + V_{rd}$$

sendo:

$$V_{re} = (B_{cf} + B_{am} + 2 \times B_{1cf} + 0,6 \times h_r) \times L_{cf} \times h_r$$

$$V_{rp} = B_{cf} \times L_{cf} \times \left(NA_{xflu} + 1,5 - El_d + \frac{A}{2} \right)$$

onde:

V_{re}	Volume de escavação em rocha acima da cota do pátio da área de montagem, em m^3
V_{rp}	Volume de escavação em rocha abaixo da cota do pátio da área de montagem, em m^3
B_{cf}	Largura da casa de força, em m
B_{am}	Largura da área de montagem, em m
B_{1cf}	Largura de bloco da unidade da casa de força, em m
h_r	Profundidade média de escavação em rocha acima da cota do pátio da área de montagem, em m
L_{cf}	Comprimento da casa de força, em m
NA_{xflu}	Nível d'água máximo no canal de fuga
El_d	Cota da linha de centro do distribuidor da turbina
A	Altura da abertura na entrada, em m

O preço unitário de escavação em rocha é de R\$21,00/ m^3 na data base dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da casa de força. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- Quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%.
- Quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço unitário poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (conta .11.13.00.13)

A área de limpeza da fundação, A_{lf} (m^2), da casa de força é dada pela expressão:

$$A_{lf} = B_{cf} \times L_{cf} + B_{am} \times L_{cs}$$

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, em m
L_{cf}	Comprimento da casa de força, em m
B_{am}	Largura da área de montagem, em m
L_{cs}	Comprimento da área de montagem, em m

O comprimento da injeção de cimento, L_{1f} (m), no tratamento da fundação da casa de força, é dado pela expressão:

$$L_{1f} = \frac{B_{cf}}{3} \times L_{1ff}$$

$$\text{sendo: } L_{1ff} = 1,5 \times \left(NA_{xflu} - El_d + \frac{R}{2} \right)$$

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, em m
----------	--------------------------------

L_{1tf}	Comprimento de um furo de injeção de cimento, em m
NA_{xfu}	Nível d'água máximo no canal de fuga
El_d	Cota da linha de centro do distribuidor da turbina
R	Altura da abertura do tubo de sucção, em m
3,0	Espaçamento entre os furos, em m

Os preços unitários dos serviços correspondentes a limpeza e tratamento de fundação – expressos em reais, válidos para data base dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste –, incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos, dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/m²
- Furo roto-percussivo: 168,00/m
- Injeção com calda de cimento: 72,00/m
- Chumbador: 241,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (conta .11.13.00.14)

O volume de concreto deverá ser determinado a partir do projeto.

O preço unitário do cimento é de R\$348,00/t na data base dezembro de 2006. Este valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da armadura é de R\$4.327,00/t na data base dezembro de 2006. Este valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do concreto sem cimento expressos em reais por metro cúbico do volume da casa de força e válidos para data base dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Concreto da infra-estrutura e paredes extremas: 214,00/m³
- Concreto dental: 113,00/m³
- Concreto da superestrutura: 214,00/m³

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressivas, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobilização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço unitário do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Instalações e Acabamentos (conta .11.13.00.15)

O custo das instalações e acabamento, C_{ia} (R\$), que engloba todos os serviços necessários ao acabamento da casa de força, tais como: paredes divisórias, revestimentos, instalações, esquadrias, vidros, dentre outros, é obtido como um custo global pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 20, Anexo B, em função da potência instalada) e válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996a):

$$\text{válido para } 30 \leq P \leq 1.450 \text{ MW: } C_{ia} = 6.150 \times P^{1 + \frac{15,34}{P}}$$

onde:

P Potência instalada, em MW

Benfeitorias na Área da Usina (conta .11.12)

O custo das benfeitorias na área da usina, C_{bau} (R\$), que engloba serviços relativos à execução de estradas internas de acessos às estruturas, construção de guaritas e cercas, tratamento paisagístico, dentre outros, é obtido como um custo global pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 19, Anexo B, em função da potência instalada), válido para data base dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996a):

$$\text{válido para } 30 \leq P \leq 1.450 \text{ MW: } C_{\text{bau}} = 1.565 + \left(\frac{772.973}{P} \right)$$

onde:

P Potência instalada, em MW

Vila de Operadores (conta .11.14)

Este custo será incluído no do acampamento (conta .17.21).

Turbinas (conta .13.13.00.23.28)

O custo de aquisição de cada turbina Bulbo, C_{tb} (R\$), que inclui os equipamentos eletromecânicos, peças e materiais normalmente fornecidos pelo fabricante da mesma – custo FOB, sem inclusão de custos de transporte e seguro, montagem e testes e provisões para impostos e taxas incidentes conforme legislação tributária vigente – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 13, Anexo B, em função da potência unitária da turbina e a velocidade síncrona), válido para dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$\text{válido para } 30 \leq z \leq 700 : C_{\text{tb}} = 39,434 \times z + 3.791,7$$

$$\text{sendo: } z = \frac{P_{\text{1t}}}{n}$$

onde:

z	Parâmetro, em kW/rpm
P_{1t}	Potência de uma turbina, em kW
n	Velocidade síncrona, em rpm

Ao custo FOB, deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro.
- 8,0%: para montagem e testes.
- 28,0%: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Comportas Ensecadeiras do Tubo de Sucção (conta .13.13.00.23.16)

A quantidade de comportas ensecadeiras, N_{sl} , é dada pelas expressões:

$$\text{para } N_g \leq 10 : N_{\text{sl}} = 2$$

$$\text{para } N_g > 10 : N_{\text{sl}} = 3$$

onde:

N_g Número de unidades geradoras

O custo de aquisição de cada comporta ensecadeira do tubo de sucção, C_{sl} (R\$), – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 25, Anexo B, em função de suas dimensões e carga hi-

drostática), válido para dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$\text{válido para } 0,16 \leq z \leq 54,5: C_{sl} = 72,9 \times z^{0,716}$$

sendo:

$$z = \frac{B_{cp}^2 \times H_{cp} \times H_x}{1000} \quad H_{cp} = R$$

$$H_x = NA_{xfu} - El_d + \frac{R}{2} \quad B_{cp} = Q$$

onde:

z	Parâmetro, em m ⁴
B _{cp}	Largura da comporta ensecadeira, em m
H _{cp}	Altura da comporta ensecadeira, em m
H _x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta ensecadeira, em m
R	Altura da abertura do tubo de sucção na saída, em m
NA _{xfu}	Nível d'água máximo no canal de fuga
El _d	Cota da linha de centro do distribuidor da turbina
Q	Largura do tubo de sucção, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

O custo global de aquisição de guias e partes fixas embutidas no concreto das comportas ensecadeiras do tubo de sucção, C_{gpf} (R\$), – custo FOB – é dado pela expressão abaixo, válido para dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$C_{gpf} = 2 \times N_g \times (H_x + 2,0) \times 2.084,80$$

onde:

N _g	Número de unidades geradoras
H _x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta ensecadeira, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Guindaste do Tubo de Sucção (conta .13.13.00.23.20)

Em razão do preço do guindaste do tubo de sucção ser de pequena monta, o mesmo pode ser desprezado.

Geradores (conta .13.13.00.23.29)

O custo de aquisição de cada gerador de eixo horizontal tipo Bulbo, C_{gb} (R\$), que inclui regulador de tensão e equipamentos eletromecânicos auxiliares – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 15, Anexo B, em função da relação entre a potência de um gerador e o seu número de pólos), válido para dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$\text{Para } 0,0396 \leq \lambda \leq 0,9289: C_{gb} = 34120 \times \lambda^{0,7091}$$

$$\text{sendo: } \lambda = \frac{P_2}{n} \quad \text{e} \quad P_2 = \frac{P_1}{f_p}$$

onde:

λ	Torque magnético, em MVA/rpm
---	------------------------------

P_2	Potência de um gerador, em MVA
N	Velocidade síncrona, em rpm
P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
f_p	Fator de potência

Ao custo FOB, deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro;
- 8,0%: para montagem e testes; e
- 28,0%: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Equipamento Elétrico Acessório (conta .14.00.00.23)

O custo de aquisição do equipamento elétrico acessório deve ser considerado como igual a 18% do custo global da Conta .13 – Turbinas e Geradores.

Guindaste e Ponte Rolante (conta .15.13.00.23.20)

O sistema de movimentação de cargas é, em geral, uma ponte rolante interna. O custo de aquisição da ponte ou pontes, C_{prv} (R\$), – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 17, Anexo B, em função da relação entre a potência de um gerador e o seu número de pólos), válido para dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

válido para $68,9 \leq z \leq 4.582$: $C_{prv} = 25,12 \times z^{0,6961}$

sendo: $z = 1000 \times \frac{P_2}{n}$

onde:

z	Parâmetro, em kVA/rpm
P_2	Potência de um gerador, em MVA
n	Velocidade síncrona, em rpm

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

O custo de aquisição do pórtico rolante, C_{pcr} , – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 18, Anexo B, em função da relação entre a potência de um gerador e o seu número de pólos), em reais, válido para dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

válido para $68,9 \leq z \leq 4.582$: $C_{pcr} = 59,506 \times z^{0,6621}$

sendo: $z = 1000 \times \frac{P_2}{n}$

onde:

z	Parâmetro, em kVA/rpm
P_2	Potência de um gerador, em MVA
n	Velocidade síncrona, em rpm

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Equipamentos Diversos (conta .15.00.00.23.31)

O custo de aquisição dos equipamentos diversos deve ser considerado como igual a 6% do custo global da Conta .13 – Turbinas e Geradores.

5.7.3 Desvio do Rio (conta .12.16)

GERAL

As principais informações utilizadas no dimensionamento vêm do arranjo geral do aproveitamento e dos estudos hidrometeorológicos e são as seguintes:

- Topografia.
- Características geológicas.
- Tipo de barragem.
- Tipo de desvio.
- Curva vazão de enchente x tempo de recorrência.

A vazão de projeto de desvio do rio é obtida dos estudos hidrológicos em função de tempo de recorrência, T_r (anos), que é obtido pela expressão:

$$T_r = 5 \times \text{int} \left(\frac{1}{1 - \sqrt[4]{1-R}} \times \frac{1}{5} + 0,999 \right)$$

onde:

T_r	Tempo de recorrência da vazão de desvio, em anos
t	Duração da etapa de desvio considerada, em anos inteiros
R	Risco, definido como a probabilidade de inundação durante o período de exposição

sendo:

Risco	Esquema de desvio
3%	Através de túneis ou galerias em arranjos com barragens de terra
5%	Idem, com barragens de enrocamento
5%	Através do estrangulamento do leito rio em arranjos com barragens de terra
2%	Através das adufas em arranjos com barragens de terra
5%	Através do estrangulamento do leito rio, em arranjos com barragem de enrocamento
3%	Através das adufas, em arranjos com barragem de enrocamento
10%	Quando as estruturas em risco forem em concreto

ENSECADEIRAS (CONTA .12.16.22)

Ensecadeiras para desvio do rio através de túneis ou galerias

Os dados básicos utilizados na quantificação são:

- Nível d'água a montante da ensecadeira de montante, NA_{dm} , do presente item .
- Nível d'água a jusante da ensecadeira de jusante, NA_{dj} , do item 5.1.2..
- Altura de borda livre, H_{bl} .
- Espessura da camada de terra vegetal (material removido da fundação), e_{te} .
- Comprimento da ensecadeira k , L_{dk} , em m.
- Número de seções na ensecadeira k , n_k .
- Cota do fundo do rio ou do terreno nas seções i ao longo do eixo da ensecadeira k , El_{teki} .

Ensecadeira de Rocha e Terra (conta .12.16.22.19)

O volume da ensecadeira, V_d (m^3), é dado pela expressão:

$$V_d = \sum_k V_{dk}$$

sendo:

$$V_{dk} = V_{dek} + V_{dak} + V_{dtk}$$

$$V_{dtk} = 0,15 \times V_{dek}$$

$$V_{dek} = (1,5 \times H_{dk}^2 + 7 \times H_{dk}) \times L_{dk}$$

$$V_{dak} = (0,75 \times H_{dk}^2 + 3 \times H_{dk}) \times L_{dk}$$

$$H_{dk} = \sqrt{\frac{1}{n_k} \sum_i H_{dki}^2}$$

$$H_{dki} = NA_{dk} + H_{bl} - (El_{teki} - e_{te})$$

k	Para
m	Ensecadeira de montante
j	Ensecadeira de jusante

onde:

V_{dk}	Volume da ensecadeira k, em m^3
V_{dek}	Volume de enrocamento da ensecadeira k, em m^3
V_{dak}	Volume de aterro da ensecadeira k, em m^3
V_{dtk}	Volume de transição da ensecadeira k, em m^3
H_{dk}	Altura média da ensecadeira k, em m
L_{dk}	Comprimento da ensecadeira k, em m
H_{dki}	Altura da ensecadeira k na seção i, em m
n_k	Número de seções na ensecadeira k
NA_{dk}	Nível d'água no lado externo da ensecadeira k
H_{bl}	Altura de borda livre, em m
El_{teki}	Cota do fundo do rio ou do terreno na seção i, ao longo do eixo da ensecadeira k
e_{te}	Espessura da camada de terra vegetal (material removido da fundação), em m

O custo de construção de ensecadeiras depende do tipo de seção e, principalmente, da origem dos materiais de construção.

Os preços unitários de diversos serviços de terraplenagem, expressos em reais, referidos a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, são os seguintes:

- Enrocamento compactado de escavação obrigatória: 1,97/ m^3
- Aterro compactado de escavação obrigatória: 2,69/ m^3
- Transições e filtros: 19,49/ m^3
- Enrocamento lançado de escavação em pedreira: 13,76/ m^3
- Enrocamento compactado de escavação em pedreira: 15,18/ m^3
- Aterro lançado de escavação em jazida: 7,12/ m^3
- Aterro compactado de escavação em jazida: 7,93/ m^3

Esse valor corresponde ao preço do metro cúbico medido na seção do maciço como definido nas linhas de projeto da ensecadeira e inclui apenas os serviços de espalhamento e compactação. O material proveniente de área de empréstimo deverá ter preço unitário acrescido do custo de transporte, de acordo com o tipo de material e distância média de transporte:

- Enrocamento: 2,21/m³.km
- Aterro: 2,55/m³.km

Para as ensecadeiras de aterro de enrocamento lançado e solo lançado proveniente das escavações obrigatórias, o custo da execução do aterro poderá ser admitido nulo. Entretanto, quando a praça de lançamento em ponta de aterro for considerada estreita, de difícil acesso, os preços unitários de enrocamento lançado e solo lançado poderão ser estimados em 50% do custo do serviço de compactação.

Para suprir a falta de igual abertura dos volumes deverá ser estimada para cada situação, uma proporção dos volumes por tipo de serviço, e, assim, determinado o preço médio ponderado de construção de ensecadeira.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Remoção de Ensecadeiras (conta .12.16.22.21)

O volume de remoção de ensecadeira, V_{dr} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{dr} = \sum_k V_{drk}$$

sendo:

$$V_{drk} = (2,25 \times H_{drk}^2 + 10 \times H_{drk}) \times L_{drk}$$

onde:

V_{drk}	Volume de remoção da ensecadeira k transversal ao rio, em m ³
H_{drk}	Altura média da parte da ensecadeira k a ser removida, em m
L_{drk}	Comprimento do trecho da ensecadeira k a ser removido, em m

O preço unitário médio para remoção de ensecadeira acima e abaixo do nível d'água é de R\$6,60/m³ referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico e inclui a escavação e carga com equipamentos de terraplenagem e transporte até uma distância de 1,5km.

O custo de remoção de ensecadeiras especiais deverá ser alocado, excepcionalmente, junto com o custo de colocação.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Esgotamento e outros Custos (conta .12.16.22.22)

Para esgotamento da área ensecada e manutenção da mesma em condições adequadas durante o período de construção, e ainda cobrir outros custos, dever-se-á admitir o percentual de 15% do custo global da ensecadeira.

Ensecadeiras para desvio do rio em várias etapas

Os dados básicos utilizados na quantificação são:

- Nível d'água a montante do trecho de montante da ensecadeira de 1ª fase, NA_{dm1} .
- Nível d'água a jusante do trecho de jusante da ensecadeira de 1ª fase, NA_{dj1} .
- Nível d'água a montante do trecho de montante da ensecadeira de 2ª fase, NA_{dm2} .

- Nível d'água a jusante do trecho de jusante da ensecadeira de 2ª fase, NA_{dj2} .
- Nível d'água no lado externo da ensecadeira longitudinal ao rio na seção i, NA_{di} .
- Cota do fundo do rio ou do terreno nas seções i ao longo do eixo da ensecadeira k, El_{teki} .
- Número de seções na ensecadeira k, n_k .
- Comprimento do trecho de montante da ensecadeira de 1ª fase, L_{dm1} , em m.
- Comprimento do trecho de jusante da ensecadeira de 1ª fase, L_{dj1} , em m.
- Comprimento do trecho de montante da ensecadeira de 2ª fase, L_{dm2} , em m.
- Comprimento do trecho de jusante da ensecadeira de 2ª fase, L_{dj2} , em m.
- Cota do fundo do rio ou do terreno nas seções i ao longo do eixo da ensecadeira l, El_{teli} .
- Número de seções na ensecadeira l, n_l .
- Comprimento da ensecadeira longitudinal ao rio, L_{dl} , em m.
- Volume de concreto do defletor, V_{cd} em m^3 , quando for o caso.

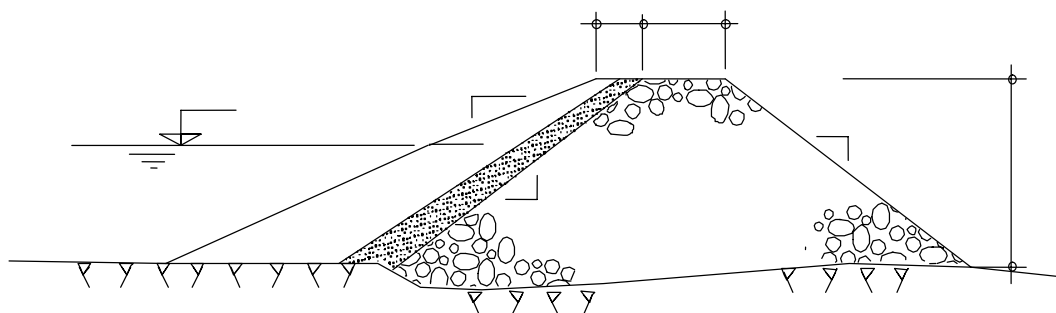


Fig 5.7.3.01 Seção transversal de ensecadeira transversal ao rio

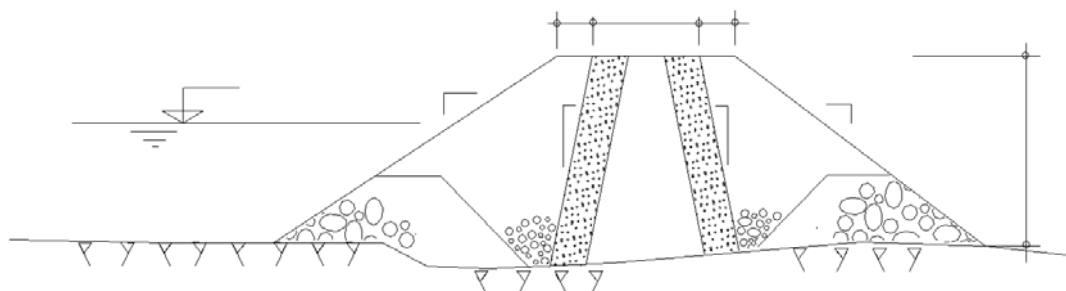


Fig 5.7.3.02 Seção transversal de ensecadeira longitudinal ao rio

Ensecadeira de Rocha e Terra (conta .12.16.22.19)

O volume da ensecadeira, V_d (m^3), é dado pela expressão:

$$V_d = \sum_k V_{dk} + V_{dl}$$

sendo:

$$V_{dk} = V_{dek} + V_{dak} + V_{dtk} \quad V_{dek} = (1,5 \times H_{dk}^2 + 7 \times H_{dk}) \times L_{dk}$$

$$V_{dak} = (0,75 \times H_{dk}^2 + 3 \times H_{dk}) \times L_{dk} \quad V_{dtk} = 0,15 \times V_{dek}$$

$$H_{dk} = \sqrt{\frac{1}{n_k} \sum_i H_{dki}^2} \qquad H_{dki} = NA_{dk} + 2,0 - El_{teki}$$

$$V_{dl} = V_{del} + V_{dal} \qquad V_{del} = (1,3 \times H_{dl}^2 + 4 \times H_{dl}) \times L_{dl}$$

$$V_{dal} = (0,2 \times H_{dl}^2 + 6 \times H_{dl}) \times L_{dl} \qquad H_{dl} = \sqrt{\frac{1}{n_l} \sum_i H_{dli}^2}$$

$$H_{dli} = NA_{dli} + 2,0 - El_{teli}$$

k	Para
m1	Ensecadeira de montante da 1ª fase
j1	Ensecadeira de jusante da 1ª fase
m2	Ensecadeira de montante da 2ª fase
j2	Ensecadeira de jusante da 2ª fase

onde:

V_{dk}	Volume da ensecadeira k transversal ao rio, em m ³
V_{dek}	Volume de enrocamento da ensecadeira k, em m ³
V_{dak}	Volume de aterro da ensecadeira k, em m ³
V_{dtk}	Volume de transição da ensecadeira k, em m ³
H_{dk}	Altura média da ensecadeira k, em m
L_{dk}	Comprimento da ensecadeira k, em m
H_{dki}	Altura da ensecadeira k na seção i, em m
n_k	Número de seções na ensecadeira k
NA_{dk}	Nível d'água no lado externo da ensecadeira k
El_{teki}	Cota do fundo do rio ou do terreno na seção i, ao longo do eixo da ensecadeira k
V_{dl}	Volume da ensecadeira longitudinal ao rio, em m ³
V_{del}	Volume de enrocamento da ensecadeira longitudinal ao rio, em m ³
V_{dal}	Volume de aterro da ensecadeira longitudinal ao rio, em m ³
H_{dl}	Altura média da ensecadeira longitudinal ao rio, em m
L_{dl}	Comprimento da ensecadeira longitudinal ao rio, em m
1,50	Coefficiente para compensar o preço unitário do filtro inclinado no aterro
H_{dli}	Altura da ensecadeira longitudinal ao rio na seção i, em m
n_l	Número de seções na ensecadeira l
NA_{dli}	Nível d'água no lado externo da ensecadeira longitudinal ao rio na seção i
El_{teli}	Cota do fundo do rio ou do terreno na seção i, ao longo do eixo da ensecadeira longitudinal ao rio

O custo de construção de ensecadeiras depende do tipo de seção e, principalmente, da origem dos materiais de construção.

Os preços unitários de diversos serviços de terraplenagem, expressos em reais, referidos a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, são os seguintes:

- Enrocamento compactado de escavação obrigatória: 1,97/m³
- Aterro compactado de escavação obrigatória: 2,69/m³
- Transições e filtros: 19,49/m³
- Enrocamento lançado de escavação em pedra: 13,76/m³
- Enrocamento compactado de escavação em pedra: 15,18/m³

- Aterro lançado de escavação em jazida: 7,12/m³
- Aterro compactado de escavação em jazida: 7,93/m³

Esse valor corresponde ao preço do metro cúbico medido na seção do maciço como definido nas linhas de projeto da ensecadeira e inclui apenas os serviços de espalhamento e compactação. O material proveniente de área de empréstimo deverá ter preço unitário acrescido do custo de transporte, de acordo com o tipo de material e distância média de transporte:

- Enrocamento: 2,21/m³.km
- Aterro: 2,55/m³.km

Para as ensecadeiras de aterro de enrocamento lançado e solo lançado proveniente das escavações obrigatórias, o custo da execução do aterro poderá ser admitido nulo. Entretanto, quando a praça de lançamento em ponta de aterro for considerada estreita, de difícil acesso, os preços unitários de enrocamento lançado e solo lançado poderão ser estimados em 50% do custo do serviço de compactação.

Para suprir a falta de igual abertura dos volumes deverá ser estimada para cada situação, uma proporção dos volumes por tipo de serviço, e, assim, determinado o preço médio ponderado de construção de ensecadeira.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (conta .12.16.22.14)

O volume de concreto na ensecadeira, V_{cd} (m³), corresponde ao aplicado no defletor e deve ser definido a partir do projeto, da mesma forma que as taxas de cimento e armadura.

O preço unitário do cimento é de R\$348,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da armadura é de R\$4.327,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

O preço unitário do concreto sem cimento é de R\$200,00/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico do volume do defletor e inclui todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Remoção de ensecadeiras (conta .12.16.22.21)

O volume de remoção de ensecadeira, V_{dr} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{dr} = \sum_k V_{drk} + V_{drl}$$

sendo:

$$V_{drk} = (2,25 \times H_{drk}^2 + 10 \times H_{drk}) \times L_{drk}$$

$$V_{drl} = (1,5 \times H_{drl}^2 + 10 \times H_{drl}) \times L_{drl}$$

onde:

V_{drk}	Volume de remoção da ensecadeira k transversal ao rio, em m^3
V_{drl}	Volume de remoção da ensecadeira longitudinal ao rio, em m^3
H_{drk}	Altura média da parte da ensecadeira k a ser removida, em m
L_{drk}	Comprimento do trecho da ensecadeira k a ser removido, em m
H_{drl}	Altura média da parte da ensecadeira longitudinal ao rio a ser removida, em m
L_{drl}	Comprimento do trecho da ensecadeira longitudinal ao rio a ser removido, em m

O preço unitário médio para remoção de ensecadeira acima e abaixo do nível d'água é de R\$6,60/ m^3 referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico e inclui a escavação e carga com equipamentos de terraplenagem e transporte até uma distância de 1,5km.

O custo de remoção de ensecadeiras especiais deverá ser alocado, excepcionalmente, junto com o custo de colocação.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Esgotamento e outros Custos (conta .12.16.22.22)

Para esgotamento da área ensecada e manutenção da mesma em condições adequadas durante o período de construção, e ainda cobrir outros custos, dever-se-á admitir o percentual de 15% do custo global da ensecadeira.

Ensecadeira Especiais (conta .12.16.22.20)

Os custos de execução e remoção de ensecadeiras especiais dependem do tipo de estrutura adotada e deverão ser provenientes de pesquisa específica de mercado.

Para esgotamento da área ensecada e manutenção da mesma em condições adequadas durante o período de construção, e ainda cobrir outros custos, dever-se-á admitir o percentual de 15% do custo global de uma ensecadeira de rocha e terra equivalente.

TÚNEIS DE DESVIO (CONTA .12.16.23)

Dados básicos

As principais informações utilizadas para dimensionamento são:

- Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, Q_k em m^3/s , do item 5.1.2.
- Comprimento dos túneis, L_{td} , em m.
- Deflexões do eixo dos túneis, δ , em graus.
- Comprimento do trecho revestido em concreto estrutural, L_c , em m.
- Comprimento do trecho revestido em concreto projetado, L_{cp} , em m.
- Nível d'água natural na saída do canal de restituição dos túneis para a vazão de projeto de desvio, NA_{der} , do item 5.1.2, em m.
- Cota mínima física da soleira da entrada do túnel, El_{den} , quando houver alguma restrição, em m. e
- Tipo de entrada do túnel.

As informações utilizadas para quantificação são as seguintes:

- Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.6, em m.
- Condições geológicas da região atravessada pelos túneis.
- Espessura média da camada de terra na área dos túneis de desvio, e_{te} , em m.

- Cota média do terreno na Seção i – 0, 1 e 2 como indicadas na Figura 5.7.5.05 – transversal ao eixo longitudinal do canal de aproximação, El_{tai} , em m.
- Cota média do terreno na Seção i – 0, 1 e 2 como indicadas na Figura 5.7.5.05 – transversal ao eixo longitudinal do canal de restituição, El_{tri} , em m.
- Comprimento do canal de aproximação, L_{ca} , em m. e
- Comprimento do canal de restituição, L_{cr} , em m.

Considerações e Recomendações

Este texto refere-se a um túnel com seção típica apresentada nas Figuras 5.7.3.03 e 5.7.3.04.

Para o tamponamento dos túneis admite-se a possibilidade de não haver a necessidade do ensecamento do trecho a jusante da estrutura. Caso contrário pode-se construir uma ensecadeira no canal de restituição, considerando-se sempre os respectivos custos.

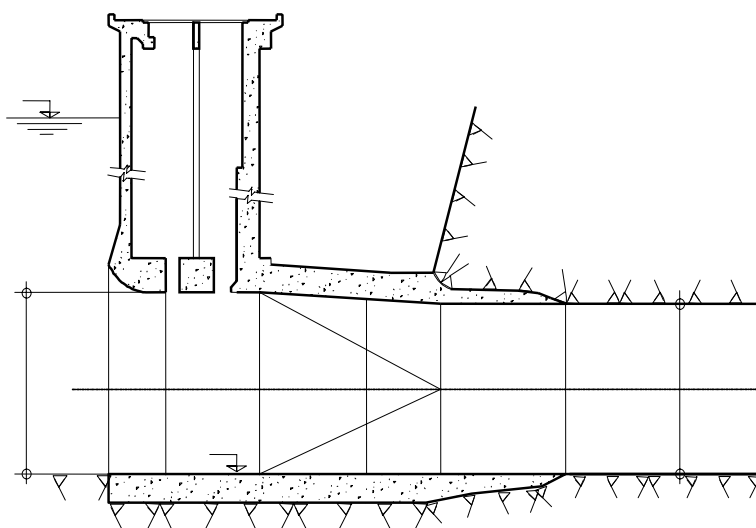


Figura 5.7.3.03 – Seção longitudinal típica de túnel de desvio.

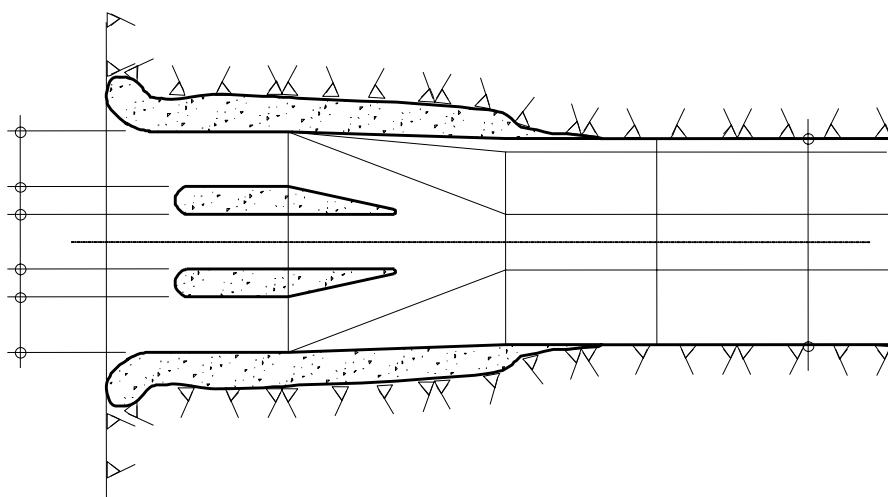


Figura 5.7.3.04 – Planta de túnel de desvio.

Na definição do perfil e determinação do diâmetro são impostas restrições com sugestões para contorná-las:

- Uma forma de restrição física, na fixação da cota mínima da soleira da entrada do túnel, é a cota determinada pela planilha resultar muito baixa, em consequência de uma corredeira no trecho em questão, por exemplo.

- Para atender às restrições de diâmetro mínimo, pode-se diminuir a velocidade média do escoamento nos túneis.

Um exemplo de cota mínima física da soleira da entrada do túnel, El_{den} , devido a alguma restrição, ocorre quando existe uma corredeira entre a entrada do canal de aproximação e saída do canal de restituição, e o comprimento do canal de aproximação é insuficiente para se colocar uma rampa que permita atingir a cota dimensionada.

Número e Diâmetro dos Túneis de Desvio

Admite-se inicialmente uma velocidade média do escoamento nos túneis, v_{td} (m/s), obtida pela expressão:

$$v_{td} = 0,8 \times v_{max}$$

sendo:

v_{max}	Tipo de revestimento
10,0	Túneis não revestidos ou revestidos com concreto projetado
15,0	Túneis revestidos com concreto estrutural

onde:

v_{max}	Velocidade máxima do escoamento admitida nos túneis, em m/s
-----------	---

O número de túneis de desvio, N_{td} , na ausência de melhores informações, é dado pela expressão:

$$N_{td} = \text{int} \left[\frac{Q_k}{201 \times v_{td}} + 0,99 \right]$$

onde:

$\text{int}(x)$	Função que retorna com a parte inteira do argumento
Q_k	Vazão de projeto do desvio, em m^3/s
v_{td}	Velocidade média do escoamento nos túneis, em m/s

O diâmetro interno dos túneis de desvio, D_{td} (m), é dado pela expressão abaixo:

$$D_{td} = \sqrt{\frac{Q_k}{0,8927 \times N_{td} \times v_{td}}} \geq 2,0 \text{ m}$$

onde:

Q_k	Vazão de projeto do desvio, em m^3/s
v_{td}	Velocidade média de escoamento nos túneis, em m/s

Perfil dos túneis de desvio

A cota da soleira de saída dos túneis, El_{ds} , é dada pela expressão:

$$El_{ds} = NA_{dcr} - 0,90 \times D_{td}$$

onde:

NA_{dcr}	Nível d'água no canal de restituição dos túneis para vazão Q_k
D_{td}	Diâmetro interno dos túneis, em m

A cota da soleira da entrada dos túneis de desvio, El_{de} , é dada pela expressão:

$$El_{de} = El_{ds} + 0,005 \times L_{td} \geq El_{den}$$

$$\text{para } El_{de} = El_{den} : i_{td} = \frac{El_{de} - El_{ds}}{L_{td}} \leq 0,025$$

$$\text{e para } i_{td} = 0,025 : El_{ds} = El_{de} - i_{td} \times L_{td}$$

onde:

El_{ds}	Cota da soleira da saída dos túneis, em m
i_{td}	Declividade dos túneis, em m/m
L_{td}	Comprimento dos túneis, em m
El_{den}	Cota mínima física da soleira da entrada do túnel, em m

A cota do fundo do canal de aproximação e de restituição, El_{ca} e El_{cr} , são dadas pelas expressões:

$$El_{ca} = El_{de} \qquad El_{cr} = El_{ds}$$

onde:

El_{de}	Cota da soleira da entrada dos túneis, em m
El_{ds}	Cota da soleira da saída dos túneis, em m

Nível d'água junto à ensecadeira de montante para túneis com escoamento em regime subcrítico ou crítico

O regime será subcrítico ou crítico se: $i_{td} \leq i_c$

sendo:

$$i_c = 6,23 \times n^2 \times \frac{v_{td}^2}{D_{td}^{4/3}}$$

onde:

i_{td}	Declividade do túnel, em m/m
i_c	Declividade da linha de energia no regime crítico, em m/m
n	Coefficiente de Manning do revestimento predominante
v_{td}	Velocidade média do escoamento nos túneis, em m/s
D_{td}	Diâmetro interno dos túneis, em m

O nível d'água junto à ensecadeira de montante para túneis com escoamento em regime subcrítico ou crítico, NA_{dm} , é dado pela expressão:

$$NA_{dm} = El_{ds} + D_{td} + \frac{v_{td}^2}{2 \times g} + h_p$$

sendo:

$$h_p = h_e + h_o + h_f \qquad h_e = k_e \times \frac{v_{cp}^2}{2 \times g}$$

$$h_o = \sum k_{oi} \times \frac{v_{td}^2}{2 \times g}$$

$$h_f = 6,23 \times [(L_{td} - L_c - L_{cp}) \times n^2 + L_c \times n_{cr}^2 + L_{cp} \times n_{cp}^2] \times \frac{v_{td}^2}{D_{td}^{4/3}}$$

$$V_{cp} = 0,8977 \times V_{td} \qquad k_{oi} = 0,132 \times \frac{\delta}{90^\circ}$$

k_e	Tipo de entrada	n	Tipo de revestimento
0,50	Ângulo vivo	0,035	Sem revestimento
0,13	Arredondado	0,022	Concreto projetado
0,75	Reentrante no reservatório	0,013	Concreto estrutural

onde:

El_{ds}	Cota da soleira de entrada do túnel, em m
D_{td}	Diâmetro interno dos túneis, em m
v_{td}	Velocidade média do escoamento nos túneis, em m/s
g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
h_p	Perda de carga total nos túneis, em m
h_e	Perda de carga na entrada, em m
h_o	Perda de carga nas curvas, em m
h_f	Perda de carga contínua ao longo dos túneis, em m
k_e	Coefficiente de perda de carga na entrada
v_{cp}	Velocidade média do escoamento na seção das comportas, em m/s
k_{oi}	Coefficiente de perda de carga nas curvas dos túneis
L_{td}	Comprimento dos túneis, em m
L_c	Comprimento do trecho revestido com concreto estrutural, em m
L_{cp}	Comprimento do trecho revestido com concreto projetado, em m
n	Coefficiente de Manning do trecho não revestido
n_{cr}	Coefficiente de Manning do trecho revestido em concreto estrutural
n_{cp}	Coefficiente de Manning do trecho revestido em concreto projetado
δ	Deflexão do eixo dos túneis, em graus

Nível d'água junto à ensecadeira de montante para túneis com escoamento em regime supercrítico

O regime será supercrítico se: $i_{td} > i_c$

onde:

i_{td}	Declividade do túnel, em m/m
i_c	Declividade da linha de energia no regime crítico, em m/m

O nível d'água junto à ensecadeira de montante para túneis com escoamento em regime supercrítico, NA_{dm} , pode ser obtido com o auxílio do Gráfico 5.7.3.01 (COPEL, 1977) ou pela expressão:

$$NA_{dm} = El_{de} + H$$

sendo:

$$H = k_H \times H_{cp} \quad k_H = 0,0184 \times k_Q^3 - 0,1323 \times k_Q^2 + 0,688 \times k_Q + 0,18$$

$$k_Q = \frac{Q_k}{N_{td} \times N_v \times B_{cp} \times H_{cp}^{3/2}} \quad N_v = \text{int} \left(\frac{D_{td}}{4,5} + 0,9 \right)$$

$$B_{cp} = \frac{0,88 \times D_{td}}{N_v} \quad H_{cp} = 1,13 \times D_{td}$$

onde:

El_{de}	Cota da soleira de entrada dos túneis de desvio, em m
H	Carga hidrostática a montante dos túneis, em m
k_Q, k_H	Coefficientes
H_{cp}	Altura das comportas do túnel de desvio, em m

N_{td}	Número de túneis de desvio
N_v	Número de vãos da estrutura de emboque de cada túnel de desvio
B_{cp}	Largura das comportas do túnel de desvio, em m
D_{td}	Diâmetro interno dos túneis, em m
$\text{int}(x)$	Função que retorna com a parte inteira de x

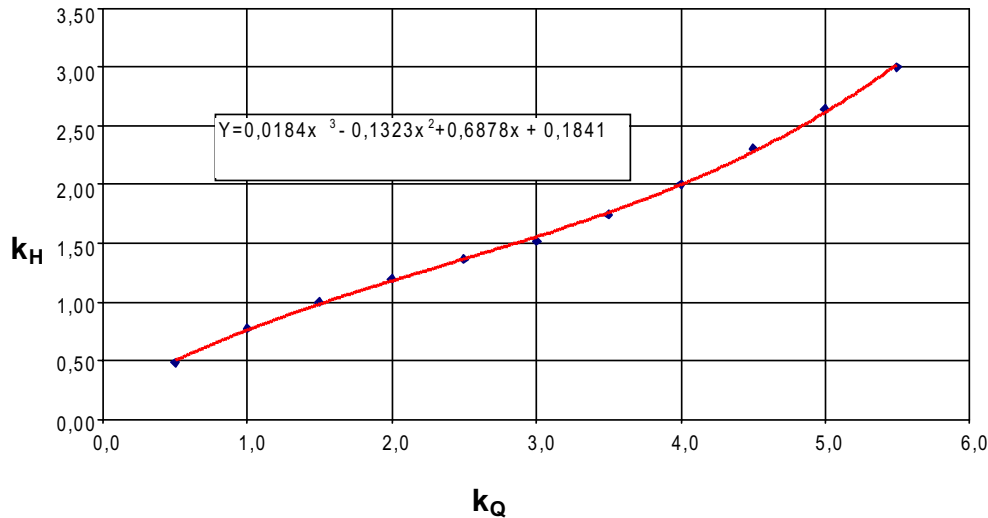


Gráfico 5.7.3.01 – Carga hidrostática a montante do emboque

Escavação comum (conta .12.16.23.12.10)

O volume de escavação comum nos túneis de desvio, V_{ttd} (m^3), na ausência de melhores informações, pode ser determinado pela expressão:

$$V_{ttd} = V_{tca} + V_{tcr}$$

sendo:

$$V_{tca} = \left(\frac{V_{ta0}}{2} + V_{ta1} + V_{ta2} \right) \times \frac{L_{ca}}{3}$$

$$V_{tai} = \left[B_{ca} - 6 + 2 \times (0,6 \times h_{rai} + e_{te}) \right] \times e_{te}$$

$$h_{rai} = El_{tai} - El_{ca} - e_{te}, \quad i = 0, 1, 2$$

$$B_{ca} = (N_{td} - 1) \times 2 \times D_{td} + 2 \times D_{td}$$

$$V_{tcr} = \left(\frac{V_{tr0}}{2} + V_{tr1} + V_{tr2} \right) \times \frac{L_{cr}}{3}$$

$$V_{tri} = \left[B_{cr} - 6 + 2 \times (0,6 \times h_{rri} + e_{te}) \right] \times e_{te}$$

$$h_{rri} = El_{tri} - El_{cr} - e_{te}, \quad i = 0, 1, 2$$

$$B_{cr} = (N_{td} - 1) \times 2 \times D_{td} + 1,5 \times D_{td}$$

onde:

V_{tca}	Volume de escavação comum no canal de aproximação, em m^3
-----------	---

V_{tcr}	Volume de escavação comum no canal de restituição, em m^3
V_{rai}	Volume de escavação comum por metro na Seção i do canal de aproximação, em m^3/m
L_{ca}	Comprimento do canal de aproximação, em m
B_{ca}	Largura do fundo do canal de aproximação, em m
h_{rai}	Profundidade da escavação em rocha na Seção i do canal de aproximação, em m
e_{te}	Espessura média da camada de terra na área do vertedouro propriamente dito, em m
El_{tai}	Cota média do terreno na Seção i do canal de aproximação, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação
N_{td}	Número de túneis de desvio, em m
D_{td}	Diâmetro dos túneis de desvio, em m
V_{tri}	Volume de escavação comum por metro na Seção i do canal de restituição, em m^3/m
L_{cr}	Comprimento do canal de restituição, em m
B_{cr}	Largura do fundo do canal de restituição, em m
h_{rri}	Profundidade da escavação em rocha na seção i do canal de restituição, em m
El_{tri}	Cota média do terreno na Seção i transversal ao eixo longitudinal do canal de restituição, em m
El_{cr}	Cota do fundo do canal de restituição, em m

O preço unitário de escavação comum é de R\$7,60/ m^3 referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do canal de aproximação e restituição. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- Quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes descontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%.
- Quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (conta .12.16.23.12.11)

O volume de escavação em rocha nos túneis de desvio, V_{rtd} (m^3), na ausência de melhores informações, pode ser determinado pela expressão:

$$V_{\text{rtd}} = V_{\text{rca}} + V_{\text{rcr}}$$

sendo:

$$V_{\text{rca}} = \left(\frac{V_{\text{ra0}}}{2} + V_{\text{ra1}} + V_{\text{ra2}} \right) \times \frac{L_{\text{ca}}}{3}$$

$$V_{\text{rai}} = (B_{\text{ca}} - 6 + 0,6 \times h_{\text{rai}}) \times h_{\text{rai}}$$

$$V_{\text{rcr}} = \left(\frac{V_{\text{rr0}}}{2} + V_{\text{rr1}} + V_{\text{rr2}} \right) \times \frac{L_{\text{cr}}}{3}$$

$$V_{\text{rri}} = (B_{\text{cr}} - 6 + 0,6 \times h_{\text{rri}}) \times h_{\text{rri}}$$

onde:

V_{rca}	Volume de escavação em rocha no canal de aproximação, em m^3 (COPEL, 1996)
V_{rcr}	Volume de escavação em rocha no canal de restituição, em m^3 (COPEL, 1996)
V_{rai}	Volume de escavação em rocha por metro na Seção i do canal de aproximação, em m^3/m

L_{ca}	Comprimento do canal de aproximação, em m
B_{ca}	Largura do fundo do canal de aproximação, em m
h_{rai}	Profundidade da escavação em rocha na Seção i do canal de aproximação, em m
V_{ri}	Volume de escavação em rocha por metro na Seção i do canal de restituição, em m^3/m
L_{cr}	Comprimento do canal de restituição, em m
B_{cr}	Largura do fundo do canal de restituição, em m
h_{ri}	Profundidade da escavação em rocha na seção i do canal de restituição, em m

O preço unitário de escavação em rocha é de R\$21,00/ m^3 referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do canal de aproximação e restituição. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- Quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%.
- Quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação Subterrânea em Rocha (conta .12.16.23.12.12)

O volume de escavação subterrânea em rocha, V_{std} (m^3), é dado pela expressão:

$$V_{std} = 0,8927 \times [D_{td}^2 \times (L_{td} - L_c) + (D_{td} + 2 \times e_c)^2 \times L_c] \times N_{td}$$

sendo:

$$e_c = k_g \times [0,091 \times D_{td}^{0,62} + 0,0034 \times (H - 30)]$$

$$H = NA_{max} - EI_{ca}$$

k_g	Condições geológicas
1,0	boas
1,4	médias
2,0	incertas

onde:

D_{td}	Diâmetro interno do túnel de desvio, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto estrutural nos túneis, em m
e_{cp}	0,05 m, espessura média do revestimento de concreto projetado
k_g	Coefficiente que traduz as condições geológicas
H	Carga hidrostática média no túnel, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório
EI_{ca}	Cota da soleira de entrada dos túneis
L_{td}	Comprimento do túnel, em m
L_c	Comprimento do trecho revestido com concreto estrutural, em m
L_{cp}	Comprimento do trecho revestido com concreto projetado, em m
N_{td}	Número de túneis de desvio

O preço unitário de escavação subterrânea em rocha, P_{RS} (R\$/m³), referido a dezembro de 2006 e aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 33, Anexo B, em função da área da seção de escavação). Este valor, correspondente ao preço por metro cúbico medido na linha de projeto, inclui escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga:

$$\text{válido para } 4 \leq A_{se} \leq 300: P_{st} = 474,08 \times A_{se}^{-0,3987}$$

$$\text{sendo: } A_{se} = 0,8927 \times D_{td}^2$$

onde:

A_{sc}	Área da seção de escavação, em m ²
D_{td}	Diâmetro interno do túnel de desvio, em m

Uma avaliação cuidadosa deverá ser realizada, para situações distintas nas quais os túneis formam uma parcela representativa do orçamento, verificando-se principalmente as condições geológicas da região e traçados com grandes comprimentos. De um modo geral, para situações que envolvam condições geológicas caracterizadas como ruins, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 30%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento da Fundação (conta .12.16.23.13)

A área de limpeza da fundação, A_{lf} (m²), é dada pela expressão:

$$A_{lf} = A_{lfr} + A_{lfe} + A_{lft} + A_{lfd}$$

sendo:

$$A_{lfr} = N_{td} \times \frac{\pi}{2} \times D_{td} \times (L_c + L_{cp})$$

$$A_{lfe} = 2,6 \times D_{td}^2 + 1,65 \times D_{td} + 70$$

$$A_{lft} = N_{td} \times \pi \times D_{td}^2$$

$$A_{lfd} = 12 \times D_{td} + (2 \times N_{td} - 1) \times D_{td}^2$$

onde:

A_{lfr}	Área de limpeza de fundação do revestimento, em m ²
A_{lfe}	Área de limpeza de fundação do emboque, em m ²
A_{lft}	Área de limpeza de fundação do tamponamento, em m ²
A_{lfd}	Área de limpeza de fundação do desemboque, em m ²
N_{td}	Número de túneis de desvio
L_{td}	Comprimento dos túneis, em m
L_c	Comprimento do trecho revestido com concreto estrutural, em m
L_{cp}	Comprimento do trecho revestido com concreto projetado, em m
D_{td}	Diâmetro interno dos túneis de desvio, em m

O comprimento total dos chumbadores, L_{tfp} (m), é dado pela expressão:

$$L_{tfp} = 11,0 \times D_{td} \times (L_{td} - L_c - L_{cp})$$

onde:

D_{td}	Diâmetro interno do túnel de desvio, em m
L_{td}	Comprimento do túnel, em m
L_c	Comprimento do trecho revestido com concreto estrutural, em m

L_{cp} Comprimento do trecho revestido com concreto projetado, em m

Os preços unitários dos serviços correspondentes à limpeza e tratamento de fundação – expressos em reais, referidos a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste –, incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/m²
- Furo roto-percussivo: 168,00/m
- Chumbador: 241,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (conta .12.16.23.14)

O volume de concreto do túnel, V_{ctd} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{ctd} = V_{cte} + V_{ctr} + V_{ctt} + V_{cts} + V_{ctp}$$

sendo:

$$V_{cte} = 2,76 \times D_{td}^3 + 2 \times D_{td}^2 + 250 \times D_{td} + 325$$

$$V_{ctr} = 0,8927 \times N_{td} \times L_c \times [(D_{td} + 2 \times e_c)^2 - D_{td}^2]$$

$$V_{ctt} = 1,5 \times N_{td} \times D_{td}^3$$

$$V_{cts} = 2,5 \times [(2 \times N_{td} - 1) \times D_{td} + 12] \times D_{td}$$

$$V_{ctp} = 2,57 \times D_{td} \times L_{cp} \times N_{td} \times e_{cp}$$

onde:

V_{cte}	Volume de concreto do emboque, em m ³
V_{ctr}	Volume de concreto do revestimento dos túneis, em m ³
V_{ctt}	Volume de concreto do tamponamento, em m ³
V_{cts}	Volume de concreto do desemboque, em m ³
V_{ctp}	Volume de concreto projetado, em m ³
N_{td}	Número de túneis de desvio
L_c	Comprimento do trecho revestido com concreto estrutural, em m
L_{cp}	Comprimento do trecho revestido com concreto projetado, em m
k	Coefficiente que traduz as condições geológicas
H	Carga hidrostática média no túnel, em m
D_{td}	Diâmetro interno dos túneis, em m
e_{cp}	0,05 m, espessura média de concreto projetado
e_c	Espessura do revestimento de concreto estrutural nos túneis, em m

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m ³)	Armadura (kg/m ³)
Emboque	280	80
Revestimento e desemboque	250	50
Tamponamento	220	20
Concreto projetado	300	70

O preço unitário do cimento é de R\$348,00/t referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao

preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da armadura é de R\$4.327,00/t referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do concreto sem cimento expressos em reais, por metro cúbico, referidos a dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Estrutura de emboque: 214,00/m³
- Tampões, revestimento e desemboque: 128,00/m³
- Concreto projetado: 378,00/m³

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Comportas de emergência do desvio (conta .12.16.23.23.16)

O custo de aquisição de uma comporta de emergência do túnel de desvio, C_{cp} (R\$) – custo FOB, sem inclusão de custos de transporte e seguro, montagem e testes e provisões para impostos e taxas incidentes, conforme legislação tributária vigente – é dado pela expressão abaixo (ou obtido no Gráfico B 23, Anexo B, em função de suas dimensões e carga hidrostática máxima), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento:

válido para 0,13 ≤ z ≤ 9,17: C_{cp} = -4,3986 × z² + 124,79 × z + 110,2

e para 9,17 ≤ z ≤ 125,39: C_{cp} = -0,128 × z² + 57,311 × z + 369,83

sendo:

$$z = \frac{B_{cp}^2 \times H_{cp} \times H_{xe}}{1000} \qquad H_{xe} = \frac{NA_{max} - EI_{td}}{3}$$

$$B_{cp} = \frac{0,88 \times D_{td}}{n_v} \qquad H_{cp} = 1,13 \times D_{td}$$

$$n_v = \text{int}\left(\frac{D_{td}}{4,5} + 0,9\right)$$

onde:

z	Parâmetro, em m ⁴
B _{cp}	Largura das comportas do túnel de desvio, em m
H _{cp}	Altura das comportas do túnel de desvio, em m
H _x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta do túnel de desvio, em m
NA _{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
D _{td}	Diâmetro interno dos túneis, em m
n _v	Número de vãos da estrutura de emboque de cada túnel de desvio
int(x)	Função que retorna com a parte inteira de x

Ao custo FOB, deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro.
- 8,0%: para montagem e testes. e
- 28,0 %: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Comportas de fechamento do desvio (conta .12.16.23.23.17)

O custo de aquisição de cada comporta de fechamento do túnel de desvio, C_{sl} (R\$) – custo FOB – é dado pela expressão abaixo (ou obtido no Gráfico B 25, Anexo B, em função de suas dimensões e carga hidrostática máxima), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento:

válido para $0,16 \leq z \leq 54,43$: $C_{sl} = 72,896 \times z^{0,716}$

sendo:

$$z = \frac{B_{cp}^2 \times H_{cp} \times H_x}{1000} \quad H_x = NA_{max} - El_{td}$$

onde:

z	Parâmetro, em m^4
B_{cp}	Largura das comportas do túnel de desvio, em m
H_{cp}	Altura das comportas do túnel de desvio, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta do túnel de desvio, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

O custo global de aquisição de guias e partes fixas embutidas no concreto das comportas de fechamento do túnel de desvio, C_{gpf} (R\$) – custo FOB – é dado pela expressão abaixo, referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento:

$$C_{gpf} = 2 \times N_v \times N_{td} \times H_{td} \times 2084,80$$

sendo: $H_{td} = 2,5 \times H_{cp}$

onde:

N_v	Número de vãos da estrutura de emboque de cada túnel de desvio
N_{td}	Número de túneis de desvio
H_{td}	Altura da estrutura do emboque desde a soleira, em m
H_{cp}	Altura das comportas do túnel de desvio, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Guindaste (conta .12.16.23.23.20)

Deverá ser usado guindaste grua de construção.

CANAIS DE DESVIO (CONTA .12.16.24)

As principais informações utilizadas para dimensionamento são:

- Cota média do fundo do rio na seção imediatamente a jusante do canal, El_s , em m.
- Cota média do fundo do canal na seção de entrada, El_{ec} , em m.
- Cota média do fundo do canal na seção de saída, El_{sc} , em m.
- Largura do rio na seção imediatamente a jusante do canal, B_s , em m.
- Largura do canal na seção de entrada, B_{ec} , em m.
- Largura do canal na seção de saída, B_{sc} , em m.
- Comprimento do canal de desvio, L_{cd} , em m.

- Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, Q_k , em m^3/s , do item 5.1.2.
- Nível d'água natural no rio na seção imediatamente a jusante do canal para vazão Q_k , NA_{dcn} , do item 5.1.2.

- Tipo de leito do canal.

As principais informações utilizadas na quantificação, quando o canal é escavado numa das margens, são as seguintes:

- Espessura média da camada de terra na área do canal de desvio, e_{te} , em m.
- Cota média do terreno na seção $i - 0, 1$ e 2 como indicadas na Figura 5.7.3.05 – transversal ao eixo longitudinal da metade de montante do canal de desvio, El_{tai} , em m.
- Cota média do terreno na seção $i - 0$ e 1 como indicadas na Figura 5.7.3.05 – transversal ao eixo longitudinal da metade de jusante do canal de desvio, El_{tji} , em m.
- Comprimento da metade de montante do canal de desvio, L_{ca} , em m.

Considerações e Recomendações

Este texto refere-se a um canal, tanto na forma de um estrangulamento do leito do rio como o apresentado na Figura 5.7.3.05, quanto de um escavado na ombreira.

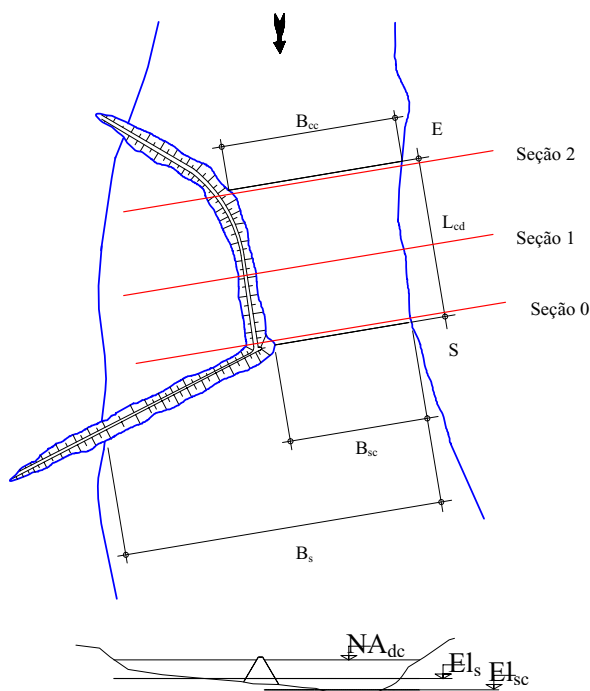


Fig 5.7.3.05 Planta e seção transversal típica de canal de desvio

Quando o canal escavado numa das margens é curto, para se obterem as quantidades de serviços pode-se adotar a mesma metodologia simplificada dos canais de aproximação e restituição. É desejável que a divisão seja feita na seção onde o terreno é mais elevado.

Na ausência de melhores informações sobre o fundo do rio ou quando o fundo é extremamente irregular, dever-se-á admitir: $El_{ec} = El_{sc}$

onde:

El_{ec}	Cota média do fundo do canal na seção de entrada, em m
El_{sc}	Cota média do fundo do canal na seção de saída, em m

Características do regime crítico na saída do canal

As características do regime crítico na saída do canal – profundidade da lâmina de água, y_{cs} (m), declividade da linha de energia, i_{cs} (%), e altura de energia, E_{cs} – para a vazão Q_k , são dadas pelas expressões:

$$y_{cs} = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \times \left(\frac{Q_k}{B_{sc}} \right)^2} \quad i_{cs} = 100 \times \frac{n^2 \times v_{cs}^2}{y_{cs}^{4/3}}$$

$$E_{cs} = NA_{cs} + \frac{v_{cs}^2}{2 \times g}$$

sendo:

$$NA_{cs} = El_{sc} + y_{cs} \quad v_{cs} = \frac{Q_k}{B_{sc} \times y_{cs}}$$

n	Tipo de leito
0,025	Canal escavado em solo
0,035	Canal escavado em rocha
0,040	Estrangulamento com fundo irregular

onde:

g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
Q_k	Vazão de desvio para k anos de recorrência, em m ³ /s
B_{sc}	Largura do canal na seção de saída, em m
n	Coefficiente de rugosidade de Manning
v_{cs}	Velocidade crítica na seção de saída do canal, em m/s
NA_{cs}	Nível d'água crítico na seção de saída do canal, em m
El_{sc}	Cota média do fundo do canal na seção de saída, em m

Características do regime natural do rio na seção imediatamente a jusante do canal

As características do regime natural do rio na seção logo a jusante do canal – profundidade da lâmina d'água, y_s (m), declividade da linha de energia, i_s (%), e altura de energia, E_{dcn} – para a vazão Q_k , são dadas pelas expressões:

$$y_s = NA_{dcn} - El_s \quad i_s = 100 \times \frac{n^2 \times v_s^2}{y_s^{4/3}}$$

$$E_{dcn} = NA_{dcn} + \frac{v_s^2}{2 \times g}$$

sendo:

$$v_s = \frac{Q_k}{B_s \times y_s}$$

onde:

NA_{dcn}	Nível d'água natural na seção imediatamente a jusante do canal para vazão Q_k , em m
El_s	Cota média do fundo do rio na seção imediatamente a jusante do canal, em m.
n	Coefficiente de rugosidade de Manning
v_s	Velocidade média no rio na seção imediatamente a jusante do canal, em m/s
g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
Q_k	Vazão de desvio para k anos de recorrência, em m ³ /s
B_s	Largura do rio na seção imediatamente a jusante do canal, em m

Nível de água para regime subcrítico com controle não afogado

Para regime subcrítico com controle não afogado, ter-se-á:

$$i_s < i_{cs} \quad \text{e} \quad E_{dcn} < E_{cs}$$

onde:

i_s	Declividade da linha de energia na seção imediatamente a jusante do canal para regime natural, em %
i_{cs}	Declividade crítica da linha de energia na saída do canal, em %
E_{dcn}	Altura de energia, para vazão Q_k , na seção imediatamente a jusante do canal para regime natural, em m
E_{cs}	Altura de energia crítica, para vazão Q_k , na saída do canal, em m

Os níveis d'água ao longo do canal, NA_{dl} , e junto à ensecadeira de montante, NA_{dm} , são dados pelas expressões:

$$NA_{dl} = El_{sc} + y_m \qquad NA_{dm} = E_{cs} + h_p$$

sendo:

$$y_m = 1,25 \times y_{cs} \qquad h_p = L_{cd} \times \frac{n^2 \times v_m^2}{y_m^{4/3}}$$

$$v_m = \frac{Q_k}{B_{mc} \times y_m} \qquad B_{mc} = \frac{B_{ec} + B_{sc}}{2}$$

onde:

El_{sc}	Cota média do fundo do canal na seção de saída, em m
y_m	Profundidade média do escoamento ao longo do canal, em m
E_{cs}	Altura de energia, para vazão Q_k , crítica na saída do canal, em m
h_p	Perda de carga ao longo do canal, em m
y_{cs}	Profundidade crítica do escoamento na saída do canal, em m
L_{cd}	Comprimento do canal, em m
n	Coefficiente de rugosidade de Manning
v_m	Velocidade média do escoamento ao longo do canal, em m/s
Q_k	Vazão de desvio para k anos de recorrência, em m ³ /s
B_{mc}	Largura média do canal, em m
B_{ec}	Largura do canal na seção de entrada, em m
B_{sc}	Largura do canal na seção de saída, em m

Níveis de água para regime subcrítico com controle afogado

Para regime subcrítico com controle afogado, ter-se-á:

$$i_s < i_{cs} \quad \text{e} \quad E_{dcn} \geq E_{cs}$$

onde:

i_s	Declividade da linha de energia na seção imediatamente a jusante do canal para regime natural, em %
i_{cs}	Declividade crítica da linha de energia na saída do canal, em %
E_{dcn}	Altura de energia, para vazão Q_k , na seção imediatamente a jusante do canal para regime natural, em m
E_{cs}	Altura de energia crítica, para vazão Q_k , na saída do canal, em m

Os níveis d'água ao longo do canal, NA_{dl} , e junto à ensecadeira de montante, NA_{dm} , são dados pelas expressões:

$$NA_{dl} = NA_{dcn} \qquad NA_{dm} = NA_{dcn} + h_p + h_{vn}$$

sendo:

$$h_p = L_{cd} \times \frac{n^2 \times v_n^2}{y_n^{4/3}} \qquad h_{vn} = \frac{v_n^2}{2 \times g}$$

$$v_n = \frac{Q_k}{B_{mc} \times y_n} \qquad y_n = E_{dcn} - \frac{v_n^2}{2 \times g} - El_{sc}$$

$$v'_n = \frac{B_s}{B_{mc}} \times v_s$$

onde:

NA_{dcn}	Nível d'água natural na seção imediatamente a jusante do canal para vazão Q_k , em m
h_p	Perda de carga ao longo do canal, em m
h_{vn}	Altura média de velocidade ao longo do canal, em m
L_{cd}	Comprimento do canal, em m
n	Coefficiente de rugosidade de Manning
v_n	Velocidade média do escoamento ao longo do canal, em m/s
y_n	Profundidade média do escoamento ao longo do canal, em m
g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
Q_k	Vazão de desvio para k anos de recorrência, em m ³ /s
B_{mc}	Largura média do canal, em m
E_{dcn}	Altura de energia, para vazão Q_k , na seção imediatamente a jusante do canal para regime natural, em m
v'_n	Primeira aproximação da velocidade média no canal, em m/s
El_{sc}	Cota média do fundo do canal na seção de saída, em m
B_s	Largura do rio na seção imediatamente a jusante do canal, em m
v_s	Velocidade média no rio na seção imediatamente a jusante do canal, em m/s

Níveis de água para regime crítico e supercrítico

Para regime crítico e supercrítico ter-se-á: $i_s \geq i_{cs}$

onde:

i_s	Declividade da linha de energia na seção imediatamente a jusante do canal para regime natural, em %
i_{cs}	Declividade crítica da linha de energia na saída do canal, em %

Os níveis d'água ao longo do canal, NA_{dl} , e junto à ensecadeira de montante, NA_{dm} , são dados pelas expressões:

$$NA_{dl} = NA_{cs} \quad \text{a} \quad NA_{ce} \qquad \text{(variável)}$$

$$NA_{dm} = E_{ce}$$

sendo:

$$NA_{ce} = El_{ec} + y_{ce} \qquad E_{ce} = NA_{ce} + h_{vce}$$

$$y_{ce} = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \times \left(\frac{Q_k}{B_{ec}} \right)^2} \qquad h_{vce} = \frac{v_{ce}^2}{2 \times g}$$

$$v_{ce} = \frac{Q_k}{B_{ec} \times y_{ce}}$$

onde:

NA_{cs}	Nível d'água crítico na saída do canal, em m
NA_{ce}	Nível d'água crítico na entrada do canal, em m

E_{cc}	Altura de energia crítica na entrada do canal, em m
g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
Q_k	Vazão de desvio para k anos de recorrência, em m ³ /s
B_{cc}	Largura do canal na seção de entrada, em m
El_{cc}	Cota média do fundo do canal na seção de entrada, em m
h_{vcc}	Altura da velocidade no canal na seção de entrada, em m
v_{cc}	Velocidade crítica na seção de entrada do canal, em m/s

Escavação Comum (conta .12.16.24.12.10)

O volume de escavação comum no canal de desvio, V_{tcd} (m³), quando houver e na ausência de melhores informações, pode ser obtido pela expressão:

$$V_{tcd} = V_{tca} + V_{tcr}$$

sendo:

$$V_{tca} = \left(\frac{V_{ta0}}{2} + V_{ta1} + V_{ta2} \right) \times \frac{L_{ca}}{3}$$

$$V_{tai} = \left[B_{mc} - 6 + 2 \times (0,6 \times h_{rai} + e_{te}) \right] \times e_{te}$$

$$h_{rai} = El_{tai} - El_{ec} - e_{te}, \quad i = 0, 1, 2$$

$$V_{tcr} = \left(\frac{V_{tr0}}{2} + V_{tr1} + V_{tr2} \right) \times \frac{L_{cr}}{3}$$

$$V_{tri} = \left[B_{mc} - 6 + 2 \times (0,6 \times h_{rri} + e_{te}) \right] \times e_{te}$$

$$L_{cr} = L_{cd} - L_{ca}$$

$$h_{rri} = El_{tri} - El_{sc} - e_{te}, \quad i = 0, 1, 2$$

onde:

V_{tca}	Volume de escavação comum na metade de montante do canal, em m ³
V_{tcr}	Volume de escavação comum na metade de jusante do canal, em m ³
V_{tai}	Volume de escavação comum por metro na Seção i da metade de montante do canal, em m ³ /m
L_{ca}	Comprimento da metade de montante do canal, em m
B_{mc}	Largura média do canal, em m
h_{rai}	Profundidade da escavação em rocha na Seção i da metade de montante do canal, em m
e_{te}	Espessura média da camada de terra na área do canal, em m
El_{tai}	Cota média do terreno na Seção i da metade de montante do canal, em m
El_{cc}	Cota do fundo do canal na seção de entrada, em m
V_{tri}	Volume de escavação comum por metro na Seção i da metade de jusante do canal, em m ³ /m
L_{cr}	Comprimento da metade de jusante do canal, em m
h_{rri}	Profundidade da escavação em rocha na Seção i da metade de jusante do canal, em m
L_{cd}	Comprimento do canal, em m
El_{tri}	Cota média do terreno na Seção i transversal ao eixo longitudinal da metade de jusante do canal, em m
El_{sc}	Cota do fundo do canal na seção de saída, em m.

O preço unitário de escavação comum é de R\$7,60/m³ referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do canal de desvio. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de

1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- Quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%.
- Quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (conta .12.16.24.12.11)

O volume de escavação em rocha no canal de desvio, V_{rcd} (m³), quando houver e na ausência de melhores informações, pode ser obtido pela expressão:

$$V_{rcd} = V_{rca} + V_{rcr}$$

sendo:

$$V_{rca} = \left(\frac{V_{ra0}}{2} + V_{ra1} + V_{ra2} \right) \times \frac{L_{ca}}{3}$$

$$V_{rai} = (B_{mc} - 6 + 0,6 \times h_{rai}) \times h_{rai}$$

$$V_{rcr} = \left(\frac{V_{rr0}}{2} + V_{rr1} + V_{rr2} \right) \times \frac{L_{cr}}{3} \quad V_{rri} = (B_{mc} - 6 + 0,6 \times h_{rri}) \times h_{rri}$$

onde:

V_{rca}	Volume de escavação em rocha na metade de montante do canal, em m ³ (COPEL, 1996)
V_{rcr}	Volume de escavação em rocha na metade de jusante do canal, em m ³ (COPEL, 1996)
V_{rai}	Volume de escavação em rocha por metro na Seção i da metade de montante do canal, em m ³ /m
L_{ca}	Comprimento da metade de montante do canal, em m
B_{mc}	Largura média do canal, em m
h_{rai}	Profundidade da escavação em rocha na Seção i da metade de montante do canal, em m
V_{rri}	Volume de escavação em rocha por metro na Seção i da metade de jusante do canal, em m ³ /m
L_{cr}	Comprimento da metade de jusante do canal, em m
h_{rri}	Profundidade da escavação em rocha na Seção i da metade de jusante do canal, em m

O preço unitário de escavação em rocha é de R\$21,00/m³ referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do canal de desvio. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- Quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%.
- Quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento da Fundação (conta .12.16.24.13)

Nesta etapa dos estudos e para a solução proposta não há necessidade de limpeza ou tratamento da fundação.

Concreto (conta .12.16.24.14)

Nesta etapa dos estudos e para a solução proposta não se prevê revestimento ou promontório de concreto.

Perfil da Lâmina D'água ao Longo do Canal de Desvio

Quando necessário determinar o perfil da lâmina d'água ao longo do canal com maior cuidado para regime no canal subcrítico com escoamento controlado na saída, os dados básicos adicionais utilizados no dimensionamento são:

- Declividade média do fundo do canal na direção longitudinal, i_{cn} em %.
- Largura média do fundo do canal, B_d em m.
- Declividade média dos taludes laterais, distância horizontal para um desnível de 1,0m, m em m.
- Largura do fundo do canal na Seção 0, contraída, B_c em m.

Determinam-se inicialmente as características do regime crítico na Seção 0 na saída do canal. A profundidade da lâmina d'água, y_c (m), é obtida por tentativas pela expressão:

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \times \left(\frac{Q_k}{B_m}\right)^2}$$

sendo que a largura média do canal na Seção 0 pode ser estimada como:

$$B_m = B_c + m \times y_c$$

onde:

g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
Q_k	Vazão de desvio para k anos de recorrência, em m ³ /s
B_c	Largura do fundo do canal na seção 0, em m
m	Declividade média dos taludes laterais, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m

A energia específica, H_c (m), e o nível d'água, NA_c , na seção 0, são dados pelas expressões:

$$H_c = y_c + \frac{v_c^2}{2 \times g} \qquad NA_c = El_0 + y_c$$

sendo:

$$v_c = \frac{Q_k}{(B_c + m \times y_c) \times y_c}$$

onde:

y_c	Profundidade crítica, em m
v_c	Velocidade crítica, em m/s
g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
El_0	Cota do fundo do canal na seção i , em m
Q_k	Vazão de desvio para k anos de recorrência, em m ³ /s
B_c	Largura do fundo do canal na Seção 0, em m
m	Declividade média dos taludes laterais, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m

A seguir, os níveis d'água são determinados sucessivamente de uma seção para outra. A distância entre duas seções sucessivas $i-1$ e i , Δx (m), sendo a segunda com uma profundidade média da lâmina de água arbitrada, y_i (m), é dada pela expressão:

$$\Delta x = \frac{\Delta H}{i_m - i_{cn}}$$

sendo:

$$\Delta H = H_i - H_{i-1} \qquad H_i = y_i + \frac{v_i^2}{2 \times g}$$

$$y_i = y_{i-1} + 0,15 \times \frac{v_{i-1}^2}{2 \times g} \qquad v_i = \frac{Q_k}{(B_d + m \times y_i) \times y_i}$$

$$i_m = \frac{i_i + i_{i-1}}{2} \qquad i_i = \frac{n^2 \times v_i^2}{R_{hi}^{4/3}}$$

$$R_{hi} = \frac{A_i}{B_d + 2 \times \sqrt{1 + m^2} \times y_i}$$

n	Tipo de leito
0,025	Canal escavado em solo
0,035	Canal escavado em rocha
0,040	Estrangulamento com fundo irregular

onde:

ΔH	Diferença de energia específica entre a seção i e $i-1$, em m
i_m	Declividade média da linha de energia, em m/m
i_{cn}	Declividade média do fundo do canal, em m/m
H_i	Energia específica na Seção i , em m
y_i	Profundidade média da lâmina de água na Seção i , em m
v_i	Velocidade média do escoamento na Seção i , em m/s
g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
Q_k	Vazão de desvio para k anos de recorrência, em m ³ /s
B_d	Largura média do fundo do canal, em m
m	Declividade média dos taludes laterais, em m, em m/m
i_i	Declividade da linha de energia na Seção i , em m/m
n	Coefficiente de Manning
R_{hi}	Raio hidráulico da Seção i , em m

O nível d'água na Seção i , NA_i , é dada pela expressão:

$$NA_i = EI_i + y_i$$

$$\text{sendo: } EI_i = EI_{i-1} + i_{cn} \times \Delta x$$

onde:

EI_i	Cota do fundo do canal na Seção i , em m
y_i	Profundidade da lâmina de água na Seção i , em m
i_{cn}	Declividade média do fundo do canal, em m/m
Δx	Distância entre as seções i e $i-1$, em m

Repete-se este cálculo até que a soma das distâncias entre seções supere o comprimento do canal.

Deve-se atender às restrições de velocidade média limite. Se o limite for ultrapassado diminui-se a velocidade média no canal aumentando o estrangulamento na seção contraída. A restrição de velocidade na seção contraída é contornada protegendo a superfície com enrocamentos maiores ou com revestimento de concreto.

Os valores limites da velocidade média, nessas seções, são os seguintes:

Velocidade	Tipo de revestimento
1,5 m/s	solo sem revestimento
4,0 m/s	enrocamento sem revestimento
10,0 m/s	rocha sem revestimento
15,0 m/s	rocha com revestimento de concreto

GALERIAS DE DESVIO (CONTA .12.16.24)

As principais informações utilizadas no dimensionamento vêm do item 5.1.2. Dados Hidrometeorológicos e são as seguintes:

- Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, Q_k em m^3/s , do item 5.1.2.
- Nível d'água no canal de restituição das galerias para a vazão de projeto de desvio, NA_{dcr} , do item 5.1.2., em m.
- Cota do fundo do canal de aproximação, El_{ca} , em m.
- Comprimento das galerias, L_{ga} em m.

As principais informações utilizadas na quantificação são as seguintes:

- Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.6., em m.
- Cota média do terreno na área das galerias, El_{te} , em m.
- Espessura média da camada de terra (solo) na área das galerias, e_{te} , em m.
- Cota média do terreno na Seção $i - 0, 1$ e 2 como indicadas na Figura 5.7.5.05 – transversal ao eixo longitudinal do canal de aproximação, El_{tai} , em m.
- Cota média do terreno na Seção $i - 0, 1$ e 2 – transversal ao eixo longitudinal do canal de restituição, El_{tri} , em m.
- Comprimento do canal de aproximação, L_{ca} , em m.
- Comprimento do canal de restituição, L_{cr} , em m.

Considerações e Recomendações

Este texto refere-se a uma galeria com seção típica apresentada na Figura 5.7.3.06.

Para o tamponamento da galeria admite-se a possibilidade de não haver a necessidade do ensecamento do trecho a jusante da estrutura. Caso contrário pode-se construir uma ensecadeira no canal de restituição, considerando-se sempre os respectivos custos.

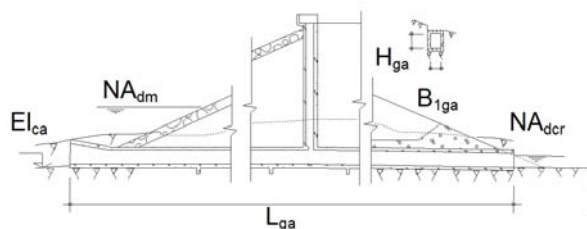


Figura 5.7.3.06 – Seção longitudinal e transversal de galeria de desvio na barragem.

Para atender às restrições de largura ou de altura mínimas, pode-se diminuir o coeficiente k_Q .

Para atender à limitação de velocidade, pode-se aumentar a largura ou o número de aberturas ou ainda diminuir o coeficiente k_Q .

De qualquer forma, quando de qualquer alteração no dimensionamento, a seguinte relação deverá ser respeitada:

$$k_Q \times N_{ga} \times B_{1ga} \times H_{ga}^{3/2} = Q_k$$

onde:

k_Q	Coeficiente
N_{ga}	Número de galerias
B_{1ga}	Largura de uma abertura das galerias, em m
H_{ga}	Altura de uma abertura das galerias, em m
Q_k	Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m ³ /s

Para que a galeria seja eficiente – que trabalhe afogada na entrada – dever-se-á respeitar a seguinte restrição para o coeficiente k_Q :

$$k_Q \geq 1,5$$

A adoção de coeficiente k_Q mais elevado resulta em adufas com dimensões menores e enscadeiras de maior altura.

Dimensões das galerias

O número de galerias, N_{ga} , pode ser definido a partir da expressão:

$$N_{ga} = \text{int} \left(\frac{Q_k}{100} + 0,99 \right)$$

onde:

$\text{int}(x)$	Função que retorna com o inteiro de x
Q_k	Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m ³ /s

A largura de uma abertura das galerias, B_{1ga} (m), é dada pela expressão:

$$B_{1ga} = \left(\frac{Q_k}{1,3 \times k_Q \times N_{ga}} \right)^{0,4} \geq 1,5 \text{ m}$$

sendo:

k_Q	3,8, inicialmente.
-------	--------------------

onde:

Q_k	Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m ³ /s
k_Q	Coeficiente
N_{ga}	Número de galerias

A altura de uma abertura das galerias, H_{ga} (m), é dada pela expressão:

$$H_{ga} = \left(\frac{Q_k}{k_Q \times N_{ga} \times B_{1ga}} \right)^{2/3} \geq 1,9 \text{ m}$$

sendo:

k_Q 3,8, inicialmente.

onde:

Q_k Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m³/s

k_Q Coeficiente

N_{ga} Número de galerias

B_{1ga} Largura de uma abertura das galerias, em m

A velocidade média do escoamento, v_g (m/s), é dada pela expressão:

$$v_g = \frac{Q_k}{N_{ga} \times B_{1ga} \times H_{ga}} \leq 15 \text{ m/s}$$

onde:

Q_k Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m³/s

N_{ga} Número de galerias

B_{1ga} Largura de uma abertura das galerias, em m

H_{ga} Altura de uma abertura das galerias, em m

A espessura das paredes, e_{pl} (m), é dada pela expressão:

$$e_{pl} = 0,2 + 0,2 \times H_{ga}$$

onde:

H_{ga} Altura de uma abertura das galerias, em m

A largura total das galerias, B_{ga} (m), é dada pela expressão:

$$B_{ga} = N_{ga} \times (B_{1ga} + e_{pl}) + e_{pl}$$

onde:

e_{pl} Espessura das paredes das galerias, em m

N_{ga} Número de galerias

B_{1ga} Largura de uma abertura das galerias, em m

Perfil da galeria

A cota da soleira da entrada da galeria, El_{de} , é dada pela expressão: $El_{de} = El_{ca}$

onde:

El_{ca} Cota do fundo do canal de aproximação

A cota da soleira da saída da galeria, El_{ds} , é dada pela expressão:

$$El_{ds} = El_{de} - 0,005 \times L_{ga}$$

onde:

El_{de} Cota da soleira da entrada da galeria, em m

L_{ga} Comprimento total das galerias, em m

A cota do fundo do canal de restituição, El_{cr} , é dada pela expressão: $El_{cr} = El_{ds}$

onde:

El_{ds} Cota da soleira da saída da galeria

Nível d'água junto à ensecadeira de montante para galeria afogada a jusante

O jato será afogado se: $E_{dcr} \geq E_{ga}$

sendo:

$$E_{dcr} = NA_{dcr} + \frac{v_{cr}^2}{2 \times g} \quad E_{ga} = El_{ds} + H_{ga} + \frac{v_g^2}{2 \times g}$$

$$v_{cr} = \frac{Q_k}{B_{ga} \times (NA_{dcr} - El_{cr})}$$

onde:

E_{dcr}	Altura da linha de energia no canal de restituição, em m
E_{ga}	Altura da linha de energia na saída da galeria, em m
NA_{dcr}	Nível d'água no canal de restituição dos túneis para vazão Q_k , em m
v_{cr}	Velocidade média do escoamento no canal de restituição, em m/s
g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
El_{ds}	Cota da soleira da saída da galeria, em m
H_{ga}	Altura das galerias, em m
v_g	Velocidade média do escoamento na galeria, em m/s
Q_k	Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m ³ /s
B_{ga}	Largura total das galerias, em m
El_{cr}	Cota do fundo do canal de restituição, em m

O nível d'água junto à ensecadeira de montante para galeria afogada a jusante, NA_{dm} , é dado pela expressão:

$$NA_{dm} = E_{dcr} + h_p$$

sendo:

$$h_p = 0,2 \times \frac{v_g^2}{2 \times g} + L_{ga} \times \frac{n^2 \times v_g^2}{R_h^{4/3}} \quad R_h = \frac{B_{1ga} \times H_{ga}}{2 \times (B_{1ga} + H_{ga})}$$

onde:

E_{dcr}	Altura da linha de energia no canal de restituição, em m
h_p	Perda de carga ao longo da galeria, em m
v_g	Velocidade média do escoamento na galeria, em m/s
g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
L_{ga}	Comprimento das galerias, em m
n	0,013 – coeficiente de Manning
R_h	Raio hidráulico de uma abertura das galerias, em m
B_{1ga}	Largura de uma abertura das galerias, em m
H_{ga}	Altura das galerias, em m

Nível d'água junto à ensecadeira de montante para galeria não afogada a jusante

O jato será livre se: $E_{dcr} < E_{ga}$

onde:

E_{dcr}	Altura da linha de energia no canal de restituição, em m
E_{ga}	Altura da linha de energia na saída da galeria, em m

O nível d'água junto à ensecadeira de montante para galeria não afogada a jusante, NA_{dm} , é obtido com auxílio do Gráfico 5.7.3.01 (COPEL, 1977) ou pela expressão:

$$NA_{dm} = El_{de} + H$$

sendo:

$$H = k_H \times H_{ga}$$

$$k_H = 0,0184 \times k_Q^3 - 0,1323 \times k_Q^2 + 0,688 \times k_Q + 0,18$$

onde:

El_{de}	Cota da soleira da entrada da galeria
H	Carga hidrostática a montante das galerias, em m
H_{ga}	Altura das galerias, em m
k_Q, k_H	Coefficientes

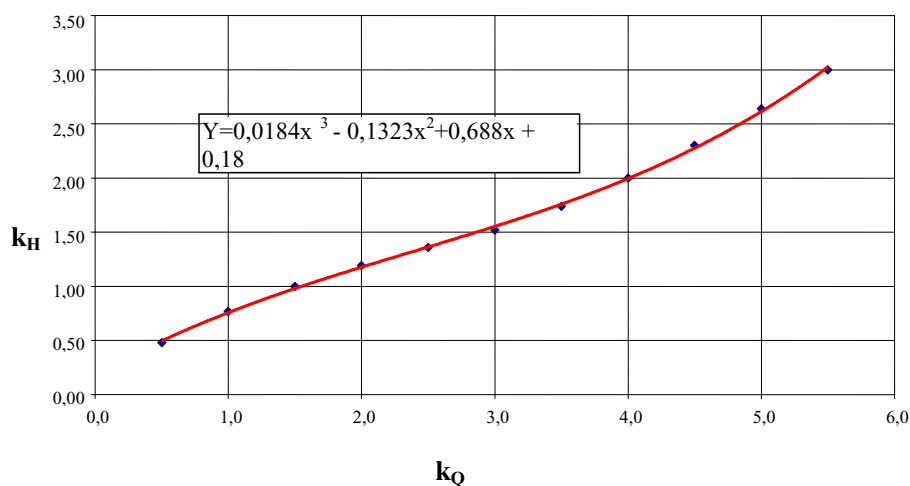


Gráfico 5.7.3.01 – Carga hidrostática na soleira de entrada da galeria.

Escavação Comum (conta .12.16.24.12.10)

O volume de escavação comum nas galerias, V_{tga} (m^3), é dado pela expressão:

$$V_{tga} = V_{tca} + V_{tes} + V_{tcr}$$

sendo:

$$V_{tca} = \left(\frac{V_{ta0}}{2} + V_{ta1} + V_{ta2} \right) \times \frac{L_{ca}}{3}$$

$$V_{tai} = [B_{ca} - 6 + 2 \times (0,6 \times h_{rai} + e_{te})] \times e_{te}$$

$$B_{ca} = B_{ga}$$

$$h_{rai} = El_{tai} - El_{ca} - e_{te}, \quad i = 0, 1, 2$$

$$V_{tes} = B_{ga} \times L_{ga} \times e_{te}$$

$$V_{tcr} = \left(\frac{V_{tr0}}{2} + V_{tr1} + V_{tr2} \right) \times \frac{L_{cr}}{3}$$

$$V_{tri} = [B_{cr} - 6 + 2 \times (0,6 \times h_{rri} + e_{te})] \times e_{te}$$

$$B_{cr} = B_{ga}$$

$$h_{rri} = El_{tri} - El_{cr} - e_{te}, \quad i = 0, 1, 2$$

onde:

V_{rca}	Volume de escavação comum no canal de aproximação, em m^3
V_{res}	Volume de escavação comum na área das galerias, em m^3
V_{rcr}	Volume de escavação comum no canal de restituição, em m^3
V_{rai}	Volume de escavação comum por metro na Seção i do canal de aproximação, em m^3/m
L_{ca}	Comprimento do canal de aproximação, em m
B_{ca}	Largura do fundo do canal de aproximação, em m
h_{rai}	Profundidade da escavação em rocha na Seção i do canal de aproximação, em m
e_{tc}	Espessura média da camada de terra na área das galerias, em m
El_{tai}	Cota média do terreno na Seção i do canal de aproximação, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
B_{ga}	Largura total das galerias, em m
L_{ga}	Comprimento das galerias, em m
V_{tri}	Volume de escavação comum por metro na Seção i do canal de restituição, em m^3/m
L_{cr}	Comprimento do canal de restituição, em m
B_{cr}	Largura do fundo do canal de restituição, em m
h_{rri}	Profundidade da escavação em rocha na Seção i do canal de restituição, em m
El_{tri}	Cota média do terreno na Seção i transversal ao eixo longitudinal do canal de restituição, em m
El_{cr}	Cota do fundo do canal de restituição, em m

O preço unitário de escavação comum é de R\$7,60/ m^3 , referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da galeria. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- Quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%.
- Quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (conta .12.16.24.12.11)

O volume de escavação em rocha nas galerias, V_{rga} (m^3), é dado pela expressão:

$$V_{rga} = V_{rca} + V_{res} + V_{rcr}$$

sendo:

$$V_{rca} = \left(\frac{V_{ra0}}{2} + V_{ra1} + V_{ra2} \right) \times \frac{L_{ca}}{3}$$

$$V_{rai} = (B_{ca} - 6 + 0,6 \times h_{rai}) \times h_{rai}$$

$$V_{res} = B_{ga} \times L_{ga} \times h_r$$

$$h_r = El_{te} - e_{te} - (El_{ca} - e_{pl})$$

$$V_{rcr} = \left(\frac{V_{rr0}}{2} + V_{rr1} + V_{rr2} \right) \times \frac{L_{cr}}{3}$$

$$V_{rri} = (B_{cr} - 6 + 0,6 \times h_{rri}) \times h_{rri}$$

onde:

V_{rca}	Volume de escavação em rocha no canal de aproximação, em m^3 (COPEL, 1996)
V_{res}	Volume de escavação em rocha na área das galerias, em m^3
V_{rcr}	Volume de escavação em rocha no canal de restituição, em m^3 (COPEL, 1996)
V_{rai}	Volume de escavação em rocha por metro na Seção i do canal de aproximação, em m^3/m
L_{ca}	Comprimento do canal de aproximação, em m
B_{ca}	Largura do fundo do canal de aproximação, em m
h_{rai}	Profundidade da escavação em rocha na Seção i do canal de aproximação, em m
B_{ga}	Largura total das galerias, em m
L_{ga}	Comprimento das galerias, em m
h_r	Profundidade média de escavação em rocha na área das galerias, em m
El_{te}	Cota média do terreno na área das galerias, em m
e_{te}	Espessura média da camada de terra na área das galerias, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
e_{pl}	Espessura das paredes das galerias, em m
V_{rri}	Volume de escavação em rocha por metro na Seção i do canal de restituição, em m^3/m
L_{cr}	Comprimento do canal de restituição, em m
B_{cr}	Largura do fundo do canal de restituição, em m
h_{rri}	Profundidade da escavação em rocha na Seção i do canal de restituição, em m

O preço unitário de escavação em rocha é de R\$21,00/ m^3 , referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da galeria. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- Quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%.
- Quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento da Fundação (conta .12.16.24.13)

A área de limpeza da fundação nas galerias, A_{lf} (m^2), é dada pela expressão:

$$A_{lf} = B_{ga} \times L_{ga}$$

onde:

B_{ga}	Largura total das galerias, em m
L_{ga}	Comprimento das galerias, em m

Os preços unitários dos serviços correspondentes a limpeza e tratamento de fundação – expressos em reais (R\$), referido a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste –, incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Limpeza e tratamento da fundação em rocha: 39,70/ m^2

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (conta .12.16.24.14)

O volume de concreto das galerias, V_{cga} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{cga} = V_{cpl} + V_{cto} + V_{ctt}$$

sendo:

$$V_{cpl} = [B_{ga} \times (H_{ga} + 2 \times e_{pl}) - N_{ga} \times B_{1ga} \times H_{ga}] \times L_{ga}$$

$$V_{cto} = (B_{ga} \times 2,3 - 4 \times B_{1ga} \times 0,4) \times (NA_{max} - El_{ca} - H_{ga})$$

$$V_{ctt} = N_{ga} \times 3 \times e_{pl} \times B_{1ga} \times H_{ga}$$

onde:

V_{cpl}	Volume de concreto das paredes e lajes, em m ³
V_{cto}	Volume de concreto da torre das comportas, em m ³
V_{ctt}	Volume de concreto do tampão, em m ³
B_{ga}	Largura total das galerias, em m
H_{ga}	Altura de uma abertura das galerias, em m
e_{pl}	Espessura das paredes das galerias, em m
N_{ga}	Número de galerias
B_{1ga}	Largura de uma abertura das galerias, em m
L_{ga}	Comprimento das galerias, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max}
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m ³)	Armadura (kg/m ³)
Pilares e lajes	250	70
Torre	300	70
Tamponamento	220	20

O preço unitário do cimento é de R\$348,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da armadura é de R\$4.327,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do concreto sem cimento expressos em reais por metro cúbico do volume da galeria e válidos, referido a dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Concreto sem cimento dos pilares e lajes: 174,00/m³
- Concreto sem cimento da torre: 174,00/m³

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressiva, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobilização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço unitário do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Comportas de emergência do desvio (conta .12.16.24.23.16)

O custo de aquisição de uma comporta de emergência do desvio pela galeria, C_{cp} (R\$), – custo FOB, sem inclusão de custos de transporte e seguro, montagem e testes e provisões para impostos e taxas incidentes conforme legislação tributária vigente – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 23, Anexo B, em função de suas dimensões e carga hidrostática), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$\text{válido para } 0,13 \leq z \leq 9,17: C_{cp} = -4,399 \times z^2 + 124,8 \times z + 110$$

$$\text{válido para } 9,17 < z \leq 126: C_{cp} = -0,128 \times z^2 + 57,3 \times z + 370$$

sendo:

$$z = \frac{B_{1ga}^2 \times H_{ga} \times H_x}{1000} \quad H_x = NA_{max} - El_{de}$$

onde:

z	Parâmetro, em m^4
B_{1ga}	Largura de uma abertura das galerias, em m
H_{ga}	Altura de uma abertura das galerias, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
El_{de}	Cota da soleira da entrada, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro;
- 8,0%: para montagem e testes; e
- 28,0%: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Comportas de Fechamento do Desvio (conta .12.16.24.23.17)

O custo de aquisição de cada comporta de fechamento do desvio pela galeria, C_{sl} (R\$), – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 25, Anexo B, em função de suas dimensões e carga hidrostática), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$\text{para } 0,16 \leq z \leq 54,5: C_{sl} = 72,9 \times z^{0,716}$$

$$\text{sendo: } z = \frac{B_{1ga}^2 \times H_{ga} \times H_x}{1000}$$

onde:

z	Parâmetro, em m^4
B_{1ga}	Largura de uma abertura das galerias, em m
H_{ga}	Altura de uma abertura das galerias, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta de fechamento do desvio, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos

O custo global de aquisição de guias e partes fixas embutidas no concreto das comportas de fechamento do desvio pela galeria, C_{gpf} (R\$), – custo FOB – é dado pela expressão abaixo, válido, referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento:

$$C_{gpf} = 2 \times N_{ga} \times (H_x + H_{bl}) \times 2084,80$$

onde:

N_{ga}	Número de galerias
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta de fechamento do desvio, em m
H_{bl}	Altura de borda livre da barragem, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos

Guindaste (conta .12.16.24.23.20)

Usar grua de construção.

ADUFAS DE DESVIO NA BARRAGEM DE CONCRETO (CONTA .12.16.24)

As principais informações utilizadas no dimensionamento são as seguintes:

- Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, Q_k em m^3/s , do item 5.1.2.
- Nível d'água no canal de restituição das adufas para a vazão de projeto de desvio, NA_{dcr} , do item 5.1.2, em m.
- Cota do fundo do canal de aproximação, El_{ca} , em m.
- Cota do fundo do canal de restituição, El_{cr} , em m.

As principais informações utilizadas na quantificação são as seguintes:

- Espessura média da camada de terra(solo) na área da estrutura, e_{tc} , em m.
- Inclinação do talude de jusante, distância horizontal para um desnível de 1,0 m, m em m , do item 5.7.4.
- Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.6, em m.
- Comprimento da barragem no trecho com adufas no sentido do fluxo, L_{ba} , em m, do item 5.7.4.
- Cota média do terreno na Seção $i - 0, 1$ e 2 como indicadas na Figura 5.7.5.05 – transversal ao eixo longitudinal do canal de aproximação, El_{tai} , em m.
- Cota média do terreno na Seção $i - 0, 1$ e 2 – transversal ao eixo longitudinal do canal de restituição, El_{tri} , em m.
- Comprimento do canal de aproximação, L_{ca} , em m.
- Comprimento do canal de restituição, L_{cr} , em m.

Considerações e Recomendações

Este texto refere-se a uma adufa com seção típica apresentada na Figura 5.7.3.07.

Para a concretagem das adufas admite-se a possibilidade de não haver a necessidade do ensecamento do trecho a jusante da estrutura. Caso contrário pode-se utilizar comportas a jusante da estrutura ou construir uma ensecadeira no canal de restituição, considerando-se sempre os respectivos custos.

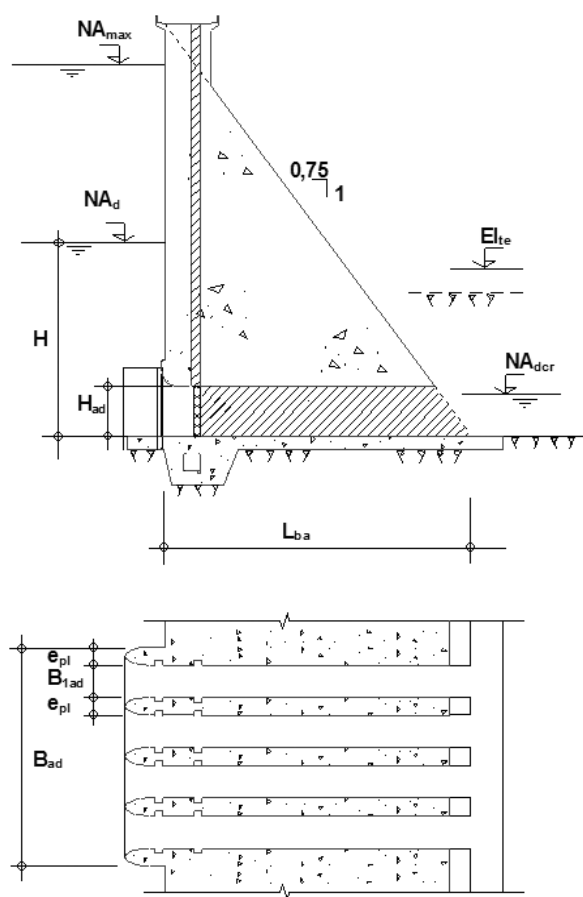


Figura 5.7.3.07 – Seção típica e planta de adufas em barragem de concreto a gravidade.

Para atender às restrições de largura ou de altura mínimas, pode-se diminuir o coeficiente k_Q .

Para atender à limitação de velocidade pode-se aumentar a largura ou número de aberturas ou ainda diminuir o coeficiente k_Q .

De qualquer forma, quando de qualquer alteração no dimensionamento, a seguinte relação deverá ser respeitada:

$$k_Q \times N_{ad} \times B_{1ad} \times H_{ad}^{3/2} = Q_k$$

onde:

k_Q	Coeficiente
N_{ad}	Número de adufas
B_{1ad}	Largura de uma adufa, em m
H_{ad}	Altura das adufas, em m
Q_k	Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m ³ /s

Para que a adufa seja eficiente – que trabalhe afogada na entrada – dever-se-á respeitar a seguinte restrição para o coeficiente k_Q :

$$k_Q \geq 1,5$$

A adoção de coeficiente k_Q mais elevado resulta em adufas com dimensões menores e enscadeiras de maior altura.

Para o caso geral, dever-se-á ter, para cota do fundo do canal de restituição:

$$El_{cr} = El_{ca}$$

onde:

E_{ca} Cota do fundo do canal de aproximação, em m

Dimensões das adufas

Define-se inicialmente o número de adufas, N_{ad} , a partir da expressão:

$$N_{ad} = \text{int} \left(\frac{Q_k}{1000} + 1,5 \right)$$

onde:

$\text{int}(x)$ Função que retorna com o inteiro de x

Q_k Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m^3/s

A largura de uma adufa, B_{1ad} (m), é dada pela expressão:

$$B_{1ad} = \left(\frac{Q_k}{4 \times k_Q \times N_{ad}} \right)^{0,4} \geq 1,5 \text{ m}$$

sendo:

k_Q 3,2 , inicialmente

onde:

Q_k Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m^3/s

k_Q Coeficiente

N_{ad} Número de adufas

A altura das adufas, H_{ad} (m), é dada pela expressão:

$$H_{ad} = \left(\frac{Q_k}{k_Q \times N_{ad} \times B_{1ad}} \right)^{2/3} \geq 1,9 \text{ m}$$

sendo:

k_Q 3,2 , inicialmente

onde:

Q_k Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m^3/s

k_Q Coeficiente

N_{ad} Número de adufas

B_{1ad} Largura de uma adufa, em m

A velocidade média do escoamento, v_a (m/s), é dada pela expressão:

$$v_a = \frac{Q_k}{N_{ad} \times B_{1ad} \times H_{ad}} \leq 15 \text{ m/s}$$

onde:

Q_k Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m^3/s

N_{ad} Número de adufas

B_{1ad} Largura de uma adufa, em m

H_{ad} Altura das adufas, em m

A espessura dos pilares entre duas adufas, e_{pa} (m), é dada pela expressão:

$$e_{pa} = 2,0 + 0,15 \times H_{ad}$$

onde:

H_{ad}	Altura das adufas, em m
----------	-------------------------

A largura total das adufas, B_{ad} (m), é dada pela expressão:

$$B_{ad} = N_{ad} \times (B_{1ad} + e_{pl}) + e_{pl}$$

onde:

N_{ad}	Número de adufas
B_{1ad}	Largura de uma adufa, em m
e_{pl}	Espessura dos pilares do vertedouro, em m

Nível d'água junto à ensecadeira de montante para adufas afogadas a jusante

O jato será afogado se: $E_{dcr} \geq E_{ad}$

sendo:

$$E_{dcr} = NA_{dcr} + \frac{v_{cr}^2}{2 \times g} \qquad E_{ad} = El_{ca} + H_{ad} + \frac{v_a^2}{2 \times g}$$

$$v_{cr} = \frac{Q_k}{B_{ad} \times (NA_{dcr} - El_{cr})}$$

onde:

E_{dcr}	Altura da linha de energia no canal de restituição para a vazão de projeto de desvio, em m
E_{ad}	Altura da linha de energia na saída da adufa para a vazão de projeto de desvio, em m
NA_{dcr}	Nível d'água no canal de restituição das adufas para a vazão de projeto de desvio, em m
v_{cr}	Velocidade média do escoamento no canal de restituição, em m/s
g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
H_{ad}	Altura das adufas, em m
v_a	Velocidade média do escoamento na adufa, em m/s
Q_k	Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m ³ /s
B_{ad}	Largura total das adufas, em m
El_{cr}	Cota do fundo do canal de restituição, em m

O nível d'água junto à ensecadeira de montante para adufas afogadas a jusante, NA_{dm} , é dado pela expressão:

sendo:

$$h_p = 0,2 \times \frac{v_a^2}{2 \times g} + L_{ba} \times \frac{n^2 \times v_a^2}{R_h^{4/3}} \qquad R_h = \frac{B_{1ad} \times H_{ad}}{2 \times (B_{1ad} + H_{ad})}$$

onde:

E_{dcr}	Altura da linha de energia no canal de restituição para a vazão de projeto de desvio, em m
h_p	Perda de carga ao longo da adufa, em m
v_a	Velocidade média do escoamento na adufa, em m/s
g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
L_{ba}	Comprimento da barragem, em m
n	0,013 – coeficiente de Manning

R_h	Raio hidráulico de uma abertura das adufas, em m
B_{lad}	Largura de uma abertura das adufas, em m
H_{ad}	Altura das adufas, em m

Nível d'água junto à enscadeira de montante para adufas não afogadas a jusante

O jato será livre se: $E_{dcr} < E_{ga}$

onde:

E_{dcr}	Altura da linha de energia no canal de restituição para a vazão de projeto de desvio, em m
E_{ga}	Altura da linha de energia na saída das adufas para a vazão de projeto de desvio, em m

O nível d'água junto à enscadeira de montante para adufas não afogadas a jusante, NA_{dm} , é obtido com auxílio do Gráfico 5.7.3.01 (COPEL, 1977) ou pela expressão:

$$NA_{dm} = El_{ca} + H$$

sendo:

$$H = k_H \times H_{ad} \quad k_H = 0,0184 \times k_Q^3 - 0,132 \times k_Q^2 + 0,688 \times k_Q + 0,18$$

onde:

El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
H	Carga hidrostática a montante da barragem, em m
H_{ad}	Altura das adufas, em m
k_Q, k_H	Coefficientes

Escavação Comum (conta .12.16.24.12.10)

O volume de escavação comum nos canais de aproximação e de restituição – o volume na área da estrutura está incluído na barragem –, V_{tad} (m^3), é dado pela expressão:

$$V_{tad} = V_{tca} + V_{tcr}$$

sendo:

$$V_{tca} = \left(\frac{V_{ta0}}{2} + V_{ta1} + V_{ta2} \right) \times \frac{L_{ca}}{3}$$

$$V_{tai} = \left[B_{ca} - 6 + 2 \times (0,6 \times h_{rai} + e_{te}) \right] \times e_{te}$$

$$B_{ca} = B_{ad}$$

$$h_{rai} = El_{tai} - El_{ca} - e_{te}, \quad i = 0, 1, 2$$

$$V_{tcr} = \left(\frac{V_{tr0}}{2} + V_{tr1} + V_{tr2} \right) \times \frac{L_{cr}}{3}$$

$$V_{tri} = \left[B_{cr} - 6 + 2 \times (0,6 \times h_{rri} + e_{te}) \right] \times e_{te}$$

$$B_{cr} = B_{ad}$$

$$h_{rri} = El_{tri} - El_{cr} - e_{te}, \quad i = 0, 1, 2$$

onde:

V_{tca}	Volume de escavação comum no canal de aproximação, em m^3
V_{tcr}	Volume de escavação comum no canal de restituição, em m^3
V_{tai}	Volume de escavação comum por metro na Seção i do canal de aproximação, em m^3/m
L_{ca}	Comprimento do canal de aproximação, em m

B_{ca}	Largura do fundo do canal de aproximação, em m
B_{ad}	Largura total das adufas, em m
h_{rai}	Profundidade da escavação em rocha na Seção i do canal de aproximação, em m
e_{re}	Espessura média da camada de terra na área das adufas, em m
El_{tai}	Cota média do terreno na Seção i do canal de aproximação, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
V_{tri}	Volume de escavação comum por metro na Seção i do canal de restituição, em m ³ /m
L_{cr}	Comprimento do canal de restituição, em m
B_{cr}	Largura do fundo do canal de restituição, em m
h_{rri}	Profundidade da escavação em rocha na Seção i do canal de restituição, em m
El_{tri}	Cota média do terreno na Seção i transversal ao eixo longitudinal do canal de restituição, em m
El_{cr}	Cota do fundo do canal de restituição, em m

O acréscimo de volume de escavação na barragem, devido à adufas, é desprezível.

O preço unitário de escavação comum é de R\$7,60/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto dos canais. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- Quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes descontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%.
- Quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (conta .12.16.24.12.11)

O volume de escavação em rocha nos canais de aproximação e de restituição – o volume na área da estrutura está incluído na barragem –, V_{rad} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{rad} = V_{rca} + V_{rcr}$$

sendo:

$$V_{rca} = \left(\frac{V_{ra0}}{2} + V_{ra1} + V_{ra2} \right) \times \frac{L_{ca}}{3}$$

$$V_{rai} = (B_{ca} - 6 + 0,6 \times h_{rai}) \times h_{rai}$$

$$V_{rcr} = \left(\frac{V_{rr0}}{2} + V_{rr1} + V_{rr2} \right) \times \frac{L_{cr}}{3}$$

$$V_{rri} = (B_{cr} - 6 + 0,6 \times h_{rri}) \times h_{rri}$$

onde:

V_{rca}	Volume de escavação em rocha a céu aberto no canal de aproximação, em m ³
V_{rcr}	Volume de escavação em rocha a céu aberto no canal de restituição, em m ³
V_{rai}	Volume de escavação em rocha por metro na Seção i do canal de aproximação, em m ³ /m
L_{ca}	Comprimento do canal de aproximação, em m
B_{ca}	Largura do fundo do canal de aproximação, em m

h_{rai}	Profundidade da escavação em rocha na Seção i do canal de aproximação, em m
V_{rri}	Volume de escavação em rocha por metro na Seção i do canal de restituição, em m^3/m
L_{cr}	Comprimento do canal de restituição, em m
B_{cr}	Largura do fundo do canal de restituição, em m
h_{rri}	Profundidade da escavação em rocha na Seção i do canal de restituição, em m

O preço unitário de escavação em rocha é de R\$21,00/ m^3 , referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto dos canais. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- Quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes descontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%.
- Quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento da Fundação (conta .12.16.24.13)

O acréscimo de limpeza e tratamento de fundação está incluído na barragem.

Concreto (conta .12.16.24.14)

O acréscimo de volume de concreto na barragem, devido às adufas, está incluído na barragem.

Comportas de Emergência do Desvio (conta .12.16.24.23.16)

O custo de aquisição de uma comporta de emergência do tipo vagão da adufa de desvio, C_{cp} (R\$), – custo FOB, sem inclusão de custos de transporte e seguro, montagem e testes e provisões para impostos e taxas incidentes, conforme legislação tributária vigente – é dado pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 23, Anexo B, em função de suas dimensões e carga hidrostática máxima), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$\text{válido para } 0,13 \leq z \leq 9,17: C_{cp} = -4,399 \times z^2 + 124,8 \times z + 110$$

$$\text{válido para } 9,17 < z \leq 126: C_{cp} = -0,128 \times z^2 + 57,3 \times z + 370$$

sendo:

$$z = \frac{B_{1ga}^2 \times H_{ga} \times H_x}{1000} \quad H_x = NA_{max} - El_{de}$$

onde:

z	Parâmetro, em m^4
B_{1ga}	Largura de uma abertura das galerias, em m
H_{ga}	Altura de uma abertura das galerias, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
El_{de}	Cota da soleira da entrada, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro;
- 8,0%: para montagem e testes; e

- 28,0%: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Comportas de fechamento do desvio (conta .12.16.24.23.17)

O custo de aquisição de cada comporta de fechamento do desvio pela adufa, C_{sl} (R\$), – custo FOB –, é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 25, Anexo B, em função de suas dimensões e carga hidrostática máxima), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

para $0,16 \leq z \leq 54,5$: $C_{sl} = 72,9 \times z^{0,716}$

sendo: $z = \frac{B_{1ga}^2 \times H_{ga} \times H_x}{1000}$

onde:

z	Parâmetro, em m^4
B_{1ga}	Largura de uma abertura das galerias, em m
H_{ga}	Altura de uma abertura das galerias, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta de fechamento do desvio, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos

O custo global de aquisição de guias e partes fixas embutidas no concreto das comportas de fechamento do desvio pela adufa, C_{gpf} (R\$), – custo FOB – é dado pela expressão abaixo, referido a dezembro de 2006 independente da localização do aproveitamento:

$C_{gpf} = 2 \times N_{ad} \times (H_x + H_{bl}) \times 2.084,80$

onde:

N_{ad}	Número de adufas
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta de fechamento do desvio, em m
H_{bl}	Altura de borda livre da barragem, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Guindaste (conta .12.16.24.20)

Dever-se-á usar guindaste grua de construção.

ADUFAS DE DESVIO NO VERTEDOURO DE SUPERFÍCIE CONTROLADO POR COMPORTAS (CONTA .12.16.24)

As principais informações utilizadas no dimensionamento são as seguintes:

- Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, Q_k em m^3/s , do item 5.1.2.
- Número de comportas do vertedouro, N_{cp} , do item 5.7.5.
- Largura das comportas do vertedouro, B_{cp} em m, do item 5.7.5.
- Espessura dos pilares do vertedouro, e_{pl} em m, do item 5.7.5.
- Cota do fundo do canal de aproximação, El_{ca} .
- Cota do fundo do canal de restituição, El_{cr} .

- Nível d'água no canal de restituição das adufas para a vazão de projeto de desvio, NA_{dcr} , do item 5.1.2.

As principais informações utilizadas na quantificação são as seguintes:

- Altura das comportas do vertedouro, H_{cp} em m, do item 5.7.5.
- Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação, p_v em m, do item 5.7.5.
- Comprimento da ogiva do vertedouro no sentido do fluxo, L_{og} , em m, do item 5.7.5.
- Comprimento adicional do vertedouro no sentido do fluxo devido ao salto de esqui, L_{sc} , em m, do item 5.7.5., quando for o caso.
- Raio de curvatura do salto de esqui, R_{sc} em m, do item 5.7.5., quando for o caso.
- Cota da soleira do salto de esqui, El_{sc} , em m, do item 5.7.5., quando for o caso.

Considerações e Recomendações

Este texto refere-se a uma adufa com seção típica apresentada na Figura 5.7.3.08.

Para a concretagem das adufas admite-se a possibilidade de não haver a necessidade do ensecamento do trecho a jusante da estrutura. Caso contrário pode-se utilizar comportas a jusante da estrutura ou construir uma ensecadeira no canal de restituição, considerando-se sempre os respectivos custos.

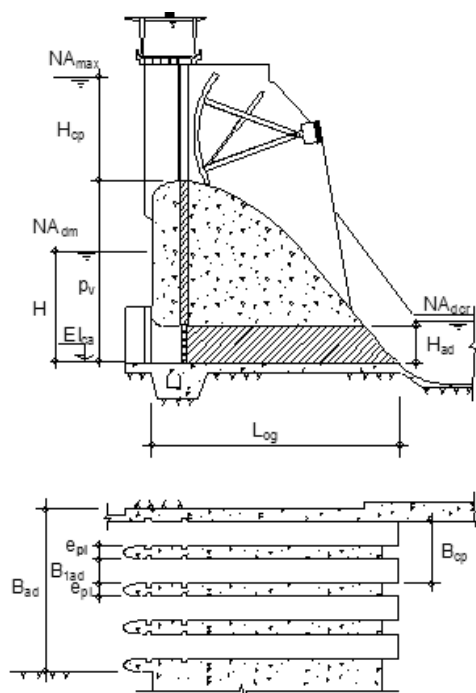


Figura 5.7.3.08 – Seção típica e planta de adufas em vertedouro do tipo ogiva alta, com bacia de dissipação.

Para atender as restrições de altura mínima, pode-se diminuir o coeficiente k_Q .

É preferível que a altura das adufas atenda à limitação: $H_{ad} \leq 3,1 \times B_{1ad}$

onde:

H_{ad} Altura das adufas, em m

B_{1ad} Largura de uma adufa, em m

Para atender a limitação de velocidade pode-se aumentar o número de aberturas ou ainda diminuir o coeficiente k_Q .

De qualquer forma, quando de qualquer alteração no dimensionamento a seguinte relação deve ser respeitada:

$$k_Q \times N_{ad} \times B_{1ad} \times H_{ad}^{3/2} = Q_k$$

onde:

k_Q	Coefficiente
N_{ad}	Número de adufas
B_{1ad}	Largura de uma adufa, em m
H_{ad}	Altura das adufas, em m
Q_k	Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m ³ /s

Para que a adufa seja eficiente – que trabalhe afogada na entrada – respeitar a seguinte restrição para o coeficiente k_Q :

$$k_Q \geq 1,5$$

A adoção de coeficiente k_Q mais elevado resulta em adufas com dimensões menores e ensecadeiras de maior altura.

Para o caso geral devemos ter, para cota do fundo do canal de restituição:

$$El_{cr} = El_{ca}$$

onde:

El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação
-----------	---------------------------------------

Dimensões das adufas

Define-se inicialmente o número de adufas, N_{ad} , a partir da expressão:

$$N_{ad} = 2 \times \text{int} (0,75 \times N_{cp}) + 1$$

onde:

$\text{int}(x)$	Função que retorna com o inteiro de x
N_{cp}	Número de comportas do vertedouro

A largura de uma adufa, B_{1ad} (m), é dada pela expressão:

$$B_{1ad} = \frac{B_{cp} - e_{pl}}{2}$$

onde:

B_{cp}	Largura das comportas do vertedouro, em m
e_{pl}	Espessura dos pilares do vertedouro, em m

É preferível que a altura das adufas atenda à limitação: $H_{ad} \leq 3,1 \times B_{1ad}$

onde:

H_{ad}	Altura das adufas, em m
B_{1ad}	Largura de uma adufa, em m

A altura das adufas, H_{ad} (m), é dada pela expressão:

$$H_{ad} = \left(\frac{Q_k}{k_Q \times N_{ad} \times B_{1ad}} \right)^{2/3} \geq 1,9 \text{ m}$$

sendo:

k_Q	3,2, inicialmente
-------	-------------------

e para atender restrição física devido a altura de ogiva de:

- vertedouros de superfície do tipo ogiva alta controlados por comporta:

$$H_{ad} \leq NA_{MAX} \times H_{CP} - EI_{ca}$$

- vertedouros de superfície do tipo ogiva alta controlados por comporta:

$$H_{ad} \leq NA_{MAX} \times H_d - EI_{ca}$$

onde:

Q_k	Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m ³ /s
k_Q	Coefficiente
N_{ad}	Número de adufas
B_{1ad}	Largura de uma adufa, em m
NA^{max}	Nível de água máximo normal do reservatório
H_{cp}	Altura das comportas do vertedouro
EI_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação às adufas
H_d	Altura de energia máxima sobre crista de vertedouro, em m

A velocidade média do escoamento, v_a (m/s), é dada pela expressão:

$$v_a = \frac{Q_k}{N_{ad} \times B_{1ad} \times H_{ad}} \leq 15 \text{ m/s}$$

onde:

Q_k	Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m ³ /s
N_{ad}	Número de adufas
B_{1ad}	Largura de uma adufa, em m
H_{ad}	Altura das adufas, em m

A espessura dos pilares entre duas adufas é a mesma do vertedouro.

A largura total das adufas, B_{ad} (m), é dada pela expressão:

$$B_{ad} = N_{ad} \times (B_{1ad} + e_{pl}) + e_{pl}$$

onde:

N_{ad}	Número de adufas
B_{1ad}	Largura de uma adufa, em m
e_{pl}	Espessura dos pilares do vertedouro, em m

Nível d'água junto à ensecadeira de montante para adufas afogadas a jusante

O jato será afogado se: $E_{dcr} \geq E_{ad}$

sendo:

$$E_{dcr} = NA_{dcr} + \frac{v_{cr}^2}{2 \times g} \qquad E_{ad} = EI_{ca} + H_{ad} + \frac{v_a^2}{2 \times g}$$

$$v_{cr} = \frac{Q_k}{B_{ad} \times (NA_{dcr} - EI_{cr})}$$

onde:

E_{dcr}	Altura da linha de energia no canal de restituição das adufas para a vazão de projeto de desvio
E_{ad}	Altura da linha de energia na saída da adufa para a vazão de projeto de desvio
NA_{dcr}	Nível d'água no canal de restituição das adufas para a vazão de projeto de desvio
v_{cr}	Velocidade média do escoamento no canal de restituição, em m/s
g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação
H_{ad}	Altura das adufas, em m
v_a	Velocidade média do escoamento na adufa, em m/s
Q_k	Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m ³ /s
B_{ad}	Largura total das adufas, em m
El_{cr}	Cota do fundo do canal de restituição

O nível d'água junto à ensecadeira de montante para adufas afogadas a jusante, NA_{dm} , é dado pela expressão:

$$NA_{dm} = E_{dcr} + h_p$$

sendo:

$$h_p = 0,2 \times \frac{v_a^2}{2 \times g} + L_{og} \times \frac{n^2 \times v_a^2}{R_h^{4/3}} \quad R_h = \frac{B_{1ad} \times H_{ad}}{2 \times (B_{1ad} + H_{ad})}$$

onde:

E_{dcr}	Altura da linha de energia no canal de restituição das adufas para a vazão de projeto de desvio, em m
h_p	Perda de carga ao longo da adufa, em m
v_a	Velocidade média do escoamento na adufa, em m/s
g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
L_{og}	Comprimento da ogiva, em m
n	0,013 – coeficiente de Manning
R_h	Raio hidráulico de uma abertura das adufas, em m
B_{1ad}	Largura de uma abertura das adufas, em m
H_{ad}	Altura das adufas, em m

Nível d'água junto à ensecadeira de montante para adufas não afogadas a jusante

O jato será livre se: $E_{dcr} < E_{ga}$

onde:

E_{dcr}	Altura da linha de energia no canal de restituição para a vazão de projeto de desvio, em m
E_{ga}	Altura da linha de energia na saída das adufas para a vazão de projeto de desvio, em m

O nível d'água junto à ensecadeira de montante para adufas não afogadas a jusante, NA_{dm} , é obtido com o auxílio do Gráfico 5.7.3.01 (COPEL, 1977) ou pela expressão:

$$NA_{dm} = El_{ca} + H$$

sendo:

$$H = k_H \times H_{ad}$$

$$k_H = 0,0184 \times k_Q^3 - 0,1323 \times k_Q^2 + 0,688 \times k_Q + 0,18$$

onde:

El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
H	Carga hidrostática a montante da barragem, em m
H_{ad}	Altura das adufas, em m

k_Q, k_H Coeficientes

Escavação Comum (conta .12.16.24.12.10)

A escavação comum está incluída no vertedouro.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (conta .12.16.24.12.11)

A escavação em rocha está incluída no vertedouro.

Limpeza e Tratamento da Fundação (conta .12.16.24.13)

A limpeza e tratamento de fundação está incluída no vertedouro.

Concreto (conta .12.16.24.14)

O acréscimo de volume de concreto, devido às adufas, está incluído no vertedouro.

Comportas de Emergência do Desvio (conta .12.16.24.23.16)

O custo de aquisição de uma comporta de emergência do tipo vagão da adufa de desvio, C_{cp} (R\$), – custo FOB, sem inclusão de custos de transporte e seguro, montagem e testes e provisões para impostos e taxas incidentes, conforme legislação tributária vigente – é dado pela expressão abaixo (ou obtido no Gráfico B 23, Anexo B, em função de suas dimensões e carga hidrostática máxima), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$\text{válido para } 0,13 \leq z \leq 9,17: C_{cp} = -4,399 \times z^2 + 124,8 \times z + 110$$

$$\text{válido para } 9,17 < z \leq 126: C_{cp} = -0,128 \times z^2 + 57,3 \times z + 370$$

sendo:

$$z = \frac{B_{1ga}^2 \times H_{ga} \times H_x}{1000} \quad H_x = NA_{max} - EI_{de}$$

onde:

z	Parâmetro, em m^4
B_{1ga}	Largura de uma abertura das galerias, em m
H_{ga}	Altura de uma abertura das galerias, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
EI_{de}	Cota da soleira da entrada, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro;
- 8,0%: para montagem e testes; e
- 28,0%: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Comportas de Fechamento do Desvio (conta .12.16.24.23.17)

O custo de aquisição de cada comporta de fechamento do desvio pela adufa, C_{sl} (R\$), – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 25, Anexo B, em função de suas dimensões e carga hidrostática máxima), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$\text{válido para } 0,16 \leq z \leq 54,43: C_{sl} = 72,896 \times z^{0,716}$$

sendo:

$$z = \frac{B_{cp}^2 \times H_{cp} \times H_x}{1000} \qquad H_x = NA_{max} - El_{td}$$

onde:

z	Parâmetro, em m^4
B_{cp}	Largura das comportas do túnel de desvio, em m
H_{cp}	Altura das comportas do túnel de desvio, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta do túnel de desvio, em m

O custo global de aquisição de guias e partes fixas embutidas no concreto das comportas de fechamento do desvio pela adufa, C_{gpf} (R\$), – custo FOB – é dado pela expressão abaixo, referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento:

$$C_{gpf} = 2 \times N_{ad} \times (H_x + H_{bl}) \times 2.084,80$$

onde:

N_{ad}	Número de adufas
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta de fechamento do desvio, em m
H_{bl}	4,0 m – altura de borda livre do vertedouro, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos

Guindaste (conta .12.16.24.20)

Dever-se-á usar guindaste grua de construção.

ADUFAS DE DESVIO NO VERTEDOURO LIVRE DE SUPERFÍCIE (CONTA .12.16.24)

As principais informações utilizadas no dimensionamento são as seguintes:

- Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, Q_k em m^3/s , do item 5.1.2.
- Nível d’água no canal de restituição das adufas para a vazão de projeto de desvio, NA_{dcr} , do item 5.1.2., em m.
- Cota do fundo do canal de aproximação, El_{ca} , em m.
- Cota do fundo do canal de restituição, El_{cr} , em m.

As principais informações utilizadas na quantificação são as seguintes:

- Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação, p_v em m, do item 5.7.5.
- Carga hidrostática sobre a crista da ogiva, H_d em m, do item 5.7.5.
- Comprimento da ogiva do vertedouro no sentido do fluxo, L_{og} , em m, do item 5.7.5.
- Comprimento adicional do vertedouro no sentido do fluxo devido ao salto de esqui, L_{se} , em m, do item 5.7.5., quando for o caso.
- Raio de curvatura do salto de esqui, R_{se} , em m, do item 5.7.5., quando for o caso.
- Cota da soleira do salto de esqui, El_{se} , do item 5.7.5., quando for o caso.

Considerações e Recomendações

Este texto refere-se a uma adufa com seção típica apresentada na Figura 5.7.3.09.

Para a concretagem das adufas admite-se a possibilidade de não haver a necessidade do ensecamento do trecho a jusante da estrutura. Caso contrário pode-se utilizar comportas a jusante da estrutura ou construir uma ensecadeira no canal de restituição, considerando-se sempre os respectivos custos.

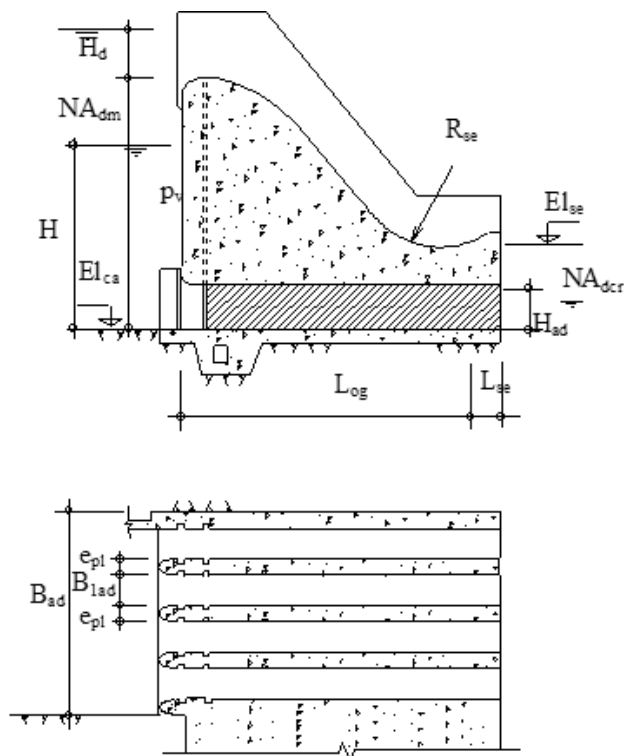


Figura 5.7.3.09 – Seção típica e planta de adufas em vertedouro do tipo ogiva alta, com salto de esqui.

Para atender às restrições de largura ou de altura mínimas, pode-se diminuir o coeficiente k_Q .

É preferível que a altura das adufas atenda a limitação abaixo: $V_{cdi} = m_j \times H_{bai} \times 0,5$

onde:

H_{ad}	Altura das adufas, em m
B_{1ad}	Largura de uma adufa, em m

Para atender à limitação de velocidade pode-se aumentar a largura ou número de aberturas ou ainda diminuir o coeficiente k_Q .

De qualquer forma, quando de qualquer alteração no dimensionamento, a seguinte relação deverá ser respeitada:

$$k_Q \times N_{ad} \times B_{1ad} \times H_{ad}^{3/2} = Q_k$$

onde:

k_Q	Coeficiente
N_{ad}	Número de adufas
B_{1ad}	Largura de uma adufa, em m
H_{ad}	Altura das adufas, em m
Q_k	Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m^3/s

Para que a adufa seja eficiente – que trabalhe afogada na entrada – dever-se-á respeitar a seguinte restrição para o coeficiente k_Q :

$$k_Q \geq 1,5$$

A adoção de coeficiente k_Q mais elevado resulta em adufas com dimensões menores e ensecadeiras de maior altura.

Para o caso geral, dever-se-á ter, para cota do fundo do canal de restituição:

$$El_{cr} = El_{ca}$$

onde:

El_{ca} Cota do fundo do canal de aproximação, em m

Dimensões das Adufas

Define-se inicialmente o número de adufas, N_{ad} , a partir da expressão:

$$N_{ad} = \text{int} \left(\frac{Q_k}{1000} + 1,5 \right)$$

onde:

$\text{int}(x)$ Função que retorna com o inteiro de x

Q_k Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m^3/s

A largura de uma adufa, B_{1ad} (m), é dada pela expressão:

$$B_{1ad} = \left(\frac{Q_k}{4 \times k_Q \times N_{ad}} \right)^{0,4} \geq 1,5 \text{ m}$$

sendo:

k_Q 3,2, inicialmente

onde:

Q_k Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m^3/s

k_Q Coeficiente

N_{ad} Número de adufas

A altura das adufas, H_{ad} (m), é dada pela expressão:

$$H_{ad} = \left(\frac{Q_k}{k_Q \times N_{ad} \times B_{1ad}} \right)^{2/3} \geq 1,9 \text{ m}$$

sendo:

k_Q 3,2, inicialmente

onde:

Q_k Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m^3/s

k_Q Coeficiente

N_{ad} Número de adufas

B_{1ad} Largura de uma adufa, em m

A velocidade média do escoamento, v_a (m/s), é dada pela expressão:

$$v_a = \frac{Q_k}{N_{ad} \times B_{1ad} \times H_{ad}} \leq 15 \text{ m/s}$$

onde:

Q_k	Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m ³ /s
N_{ad}	Número de adufas
B_{1ad}	Largura de uma adufa, em m
H_{ad}	Altura das adufas, em m

A espessura dos pilares entre duas adufas, e_{pa} (m), é dada pela expressão:

$$e_{pl} = 2,0 + 0,15 \times H_{ad}$$

onde:

H_{ad}	Altura das adufas, em m
----------	-------------------------

A largura total das adufas, B_{ad} (m), é dada pela expressão:

$$B_{ad} = N_{ad} \times (B_{1ad} + e_{pl}) + e_{pl}$$

onde:

N_{ad}	Número de adufas
B_{1ad}	Largura de uma adufa, em m
e_{pl}	Espessura dos pilares do vertedouro, em m

Nível d'água junto à ensecadeira de montante para adufas afogadas a jusante

O jato será afogado se: $E_{dcr} \geq E_{ad}$

sendo:

$$E_{dcr} = NA_{dcr} + \frac{v_{cr}^2}{2 \times g} \qquad E_{ad} = El_{ca} + H_{ad} + \frac{v_a^2}{2 \times g}$$

$$v_{cr} = \frac{Q_k}{B_{ad} \times (NA_{dcr} - El_{cr})}$$

onde:

E_{dcr}	Altura da linha de energia no canal de restituição das adufas para a vazão de projeto de desvio, em m
E_{ad}	Altura da linha de energia na saída da adufa para a vazão de projeto de desvio, em m
NA_{dcr}	Nível d'água no canal de restituição das adufas para a vazão de projeto de desvio, em m
v_{cr}	Velocidade média do escoamento no canal de restituição, em m/s
g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
H_{ad}	Altura das adufas, em m
v_a	Velocidade média do escoamento na adufa, em m/s
Q_k	Vazão de projeto do desvio para tempo de recorrência de k anos, em m ³ /s
B_{ad}	Largura total das adufas, em m
El_{cr}	Cota do fundo do canal de restituição, em m

O nível d'água junto à ensecadeira de montante para adufas afogadas a jusante, NA_{dm} , é dado pela expressão:

$$NA_{dm} = E_{dcr} + h_p$$

sendo:

$$h_p = 0,2 \times \frac{v_a^2}{2 \times g} + L_{og} \times \frac{n^2 \times v_a^2}{R_h^{4/3}} \qquad R_h = \frac{B_{1ad} \times H_{ad}}{2 \times (B_{1ad} + H_{ad})}$$

onde:

E_{dcr}	Altura da linha de energia no canal de restituição para a vazão de projeto de desvio, em m
h_p	Perda de carga ao longo da adufa, em m
v_a	Velocidade média do escoamento na adufa, em m/s
g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
L_{og}	Comprimento da ogiva, em m
n	0,013 – coeficiente de Manning
R_h	Raio hidráulico de uma abertura das adufas, em m
B_{lad}	Largura de uma abertura das adufas, em m
H_{ad}	Altura das adufas, em m

Nível D'água Junto à Ensecadeira de Montante para Adufas não Afogadas a Jusante

O jato será livre se: $E_{dcr} < E_{ga}$

onde:

E_{dcr}	Altura da linha de energia no canal de restituição, em m
E_{ga}	Altura da linha de energia na saída das adufas, em m

O nível d'água junto à ensecadeira de montante para adufas não afogadas a jusante, NA_{dm} , é obtido com o auxílio do Gráfico 5.7.3.01 (COPEL, 1977), ou pela expressão:

$$NA_{dm} = El_{ca} + H$$

sendo:

$$H = k_H \times H_{ad}$$

$$k_H = 0,0184 \times k_Q^3 - 0,132 \times k_Q^2 + 0,688 \times k_Q + 0,18$$

onde:

El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
H	Carga hidrostática a montante do vertedouro, em m
H_{ad}	Altura das adufas, em m
k_Q, k_H	Coefficientes

Escavação Comum (conta .12.16.24.12.10)

A escavação comum está incluída no vertedouro.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (conta .12.16.24.12.11)

A escavação em rocha está incluída no vertedouro.

Limpeza e Tratamento da Fundação (conta .12.16.24.13)

A limpeza e tratamento de fundação está incluída no vertedouro.

Concreto (conta .12.16.24.14)

O acréscimo de volume de concreto, devido às adufas, está incluído no vertedouro.

Comportas de Emergência do Desvio (conta .12.16.24.23.16)

O custo de aquisição de uma comporta de emergência do tipo vagão da adufa de desvio, C_{cp} (R\$), – custo FOB, sem inclusão de custos de transporte e seguro, montagem e testes e provisões para impostos e taxas incidentes, conforme legislação tributária vigente – é dado pela expressão abaixo (ou obtido no Gráfico B 23, Anexo B, em função de suas dimensões e carga hidrostática máxima), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

válido para $0,13 \leq z \leq 9,17$: $C_{cp} = -4,399 \times z^2 + 124,8 \times z + 110$

válido para $9,17 < z \leq 126$: $C_{cp} = -0,128 \times z^2 + 57,3 \times z + 370$

sendo:

$$z = \frac{B_{1ga}^2 \times H_{ga} \times H_x}{1000} \quad H_x = NA_{max} - El_{de}$$

onde:

z	Parâmetro, em m^4
B_{1ga}	Largura de uma abertura das galerias, em m
H_{ga}	Altura de uma abertura das galerias, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
El_{de}	Cota da soleira da entrada, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro.
- 8,0%: para montagem e testes.
- 28,0%: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Comportas de Fechamento do Desvio (conta .12.16.24.23.17)

O custo de aquisição de cada comporta de fechamento do desvio pela adufa, C_{sl} (R\$), – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 25, Anexo B, em função de suas dimensões e carga hidrostática máxima), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

válido para $0,16 \leq z \leq 54,43$: $C_{sl} = 72,896 \times z^{0,716}$

sendo:

$$z = \frac{B_{cp}^2 \times H_{cp} \times H_x}{1000} \quad H_x = NA_{max} - El_{td}$$

onde:

z	Parâmetro, em m^4
B_{cp}	Largura das comportas do túnel de desvio, em m
H_{cp}	Altura das comportas do túnel de desvio, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta do túnel de desvio, em m

O custo global de aquisição de guias e partes fixas embutidas no concreto das comportas de fechamento do desvio pela adufa, C_{gpf} (R\$), – custo FOB – é dado pela expressão abaixo, referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento:

$$C_{gpf} = 2 \times N_{ad} \times (H_x + H_{bl}) \times 2.084,80$$

onde:

N_{ad}	Número de adufas
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta de fechamento do desvio, em m
H_{bl}	4,0 m – altura de borda livre do vertedouro, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos

Guindaste (conta .12.16.24.23.20)

Dever-se-á usar guindaste grua de construção.

5.7.4 Barragens e Diques (Conta .12.17)

BARRAGENS DE TERRA (CONTA .12.17.25)

Dados Básicos

As principais informações utilizadas no dimensionamento e quantificação vêm do arranjo geral e são as seguintes:

- Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.6, em m.
- Cota média do terreno na seção i transversal ao eixo longitudinal da barragem, El_{te} , em m.
- Distância entre as seções i e $i-1$, ΔL_i em m.
- Nível d'água mínimo do reservatório, NA_{min} , do item 5.3, em m.
- Profundidade da trincheira (*cut-off*), H_{tr} em m, se for o caso.

Considerações e Recomendações

Este texto refere-se a uma barragem com seção típica apresentada na Figura 5.7.4.01.

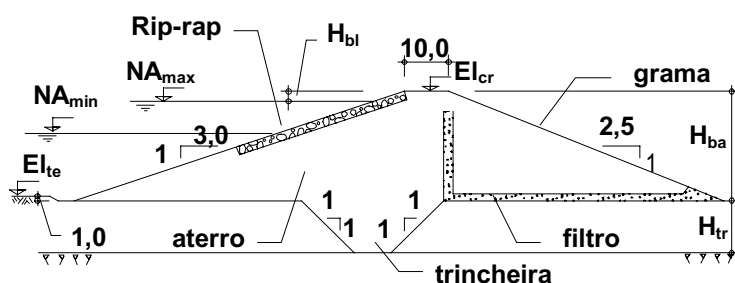


Figura 5.7.4.01 – Seção típica de barragem homogênea de terra.

Recomenda-se **selecionar seções** sobre as curvas de nível e em singularidades importantes, como fundo de selas, topos de morros, margens do leito do rio e, em especial, os pontos de interrupção – por exemplo, tomadas de água e vertedouros.

Quantidades por Tipo de Serviço

As **quantidades por tipo de serviço**, Qtd, são dadas pela expressão geral:

$$Qtd = \sum_i \frac{Sec_i + Sec_{i-1}}{2} \times \Delta L_i$$

onde:

Sec_i	Comprimento, área ou volume por metro de barragem na seção i , em m/m, m ² /m ou m ³ /m
ΔL_i	Distância entre as seções i e $i-1$, em m

A **altura da barragem na seção i** , H_{bai} (m), é dada pela expressão:

$$H_{bai} = El_{cr} - (El_{te} - 1,0)$$

sendo: $El_{cr} = NA_{max} + H_{bl}$

onde:

El_{cr}	Cota do coroamento da barragem, em m
El_{te}	Cota média do terreno na seção i transversal ao eixo longitudinal da barragem, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
H_{bl}	4,0 m, altura de borda livre da barragem

A **depleção máxima do reservatório**, d (m), é dada pela expressão:

$$d = NA_{\max} - NA_{\min}$$

onde:

NA_{\max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
NA_{\min}	Nível d'água mínimo do reservatório, em m

A **largura da base da trincheira na seção i**, B_{tri} (m), necessária em fundações permeáveis, é dada pela expressão:

$$B_{tri} = 0,3 \times (H_{bai} - H_{bl} + H_{tr}) \geq 6,0 \text{ m}$$

onde:

H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m
H_{bl}	4,0m, altura de borda livre da barragem
H_{tr}	Profundidade da trincheira, em m

Quando necessária a utilização de tapete impermeabilizante será considerado o dimensionamento abaixo:

A **largura do tapete impermeabilizante na seção i**, B_{tpi} (m), é dada pela expressão:

$$\text{para: } H_{tr} \geq 15,0 \text{ m : } B_{tpi} = 10 \times (H_{bai} - H_{bl})$$

$$\text{para: } H_{tr} < 15,0 \text{ m : } B_{tpi} = 0$$

onde:

H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m;
H_{bl}	4,0m, altura de borda livre da barragem
H_{tr}	Profundidade da trincheira, em m

A **espessura do tapete impermeabilizante na seção i**, e_{tpi} (m), é dada pela expressão:

$$e_{tpi} = 0,1 \times (H_{bai} - H_{bl})$$

onde:

H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m
H_{bl}	4,0m, altura de borda livre da barragem

Escavação Comum e Jazida (Conta .12.17.25.12.10)

O **volume de escavação comum por metro de barragem na seção i**, V_{ti} (m³/m), é dado pela expressão:

$$V_{ti} = V_{tbi} + V_{tri} + V_{tpi}$$

sendo:

$$V_{tbi} = 5,5 \times H_{bai} + 30$$

$$V_{tri} = (B_{tri} + H_{tr}) \times H_{tr}$$

$$V_{tpi} = B_{tpi} \times 1,0$$

onde:

V_{tbi}	Volume de escavação comum na barragem na seção i, em m^3/m
V_{tri}	Volume de escavação comum na trincheira na seção i, em m^3/m
V_{tpi}	Volume de escavação comum no tapete impermeabilizante na seção i, em m^3/m
H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m
B_{tri}	Largura da base da trincheira na seção i, em m
H_{tr}	Profundidade da trincheira, em m
B_{tpi}	Largura do tapete impermeabilizante na seção i, em m

O volume de escavação comum em jazida, V_{tp} (m^3), é dado pela expressão:

$$V_{tp} = \sum V_{aj} - 0,9 \times \sum V_{ij} \geq 0$$

onde:

V_{aj}	Volume de aterro nas estruturas j, em m^3
V_{ij}	Volume de escavação comum nas estruturas j, em m^3

O preço unitário de **escavação comum** é de R\$ 7,60/ m^3 , referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da barragem, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (Conta .12.17.25.13)

A área de limpeza da fundação por metro de barragem na seção i, A_{ffi} (m^2/m), é dada pela expressão:

$$A_{ffi} = 5,5 \times H_{bai} + 10$$

onde:

H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m
-----------	-------------------------------------

O volume de escavação e regularização com concreto (sem armadura e cimento a uma taxa de 200 kg/m^3) na base da trincheira, **por metro de barragem na seção i**, V_{TFi} (m^3/m), é dado pela expressão:

$$V_{TFi} = 0,3 \times (H_{bai} - H_b + H_t) \geq 6,0 \text{ m}$$

onde:

H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m
H_{bl}	4,0m, altura de borda livre da barragem
H_{tr}	Profundidade da trincheira, em m

O comprimento de cortina de injeção por metro de barragem na seção i, L_f (m/m), é dado pela expressão:

$$L_{tf} = \frac{1}{3,0} \times L_{1tf}$$

$$L_{1tf} = H_{bai} - H_{bl} \leq 40 \text{ m}$$

onde:

L_{1tf}	Comprimento de um furo de injeção de cimento, em m
H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m
H_{bl}	Altura de borda livre da barragem, em m

Os preços unitários dos serviços correspondentes a **limpeza e tratamento de fundação** — expressos em reais, referido a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste —, incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Concreto de regularização (dental): 113,00/m³
- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/m²
- Furo roto-percussivo: 168,00/m
- Injeção com calda de cimento: 72,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Quando necessária a sua utilização, o comprimento de furos de alívio por metro de barragem na seção i, L_{tf} (m/m), é dado pela expressão:

$$L_{tf} = \frac{1}{10,0} \times (H_{bai} - H_{bl})$$

onde:

H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m
H_{bl}	4,0 m, altura de borda livre da barragem

Os preços unitários dos serviços correspondentes a **limpeza e tratamento de fundação**, incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos, expressos em reais, referidos a dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- limpeza de superfície em solo: 4,96/m²
- limpeza de superfície em rocha: 39,70/m²
- furo rotopercussivo: 168,00/m
- concreto dental: 113,00/m³

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Aterro Compactado (Conta .12.17.25.24)

O volume de aterro compactado por metro de barragem na seção i, V_{ai} (m³/m), é dado pela expressão:

$$V_{ai} = V_{abi} + V_{ari} + V_{api}$$

sendo:

$$V_{abi} = 2,75 \times H_{bai}^2 + 4,25 \times H_{bai} + 10 - 4,74 \times d_p$$

$$V_{ari} = (B_{tri} + H_{tr}) \times H_{tr} \quad V_{api} = B_{tpi} \times e_{tpi}$$

$$d_p = H_{bl} + d + 4 \leq H_{bai}$$

onde:

V_{abi}	Volume de aterro na barragem na seção i, em m^3/m
V_{ari}	Volume de aterro na trincheira na seção i, em m^3/m
V_{api}	Volume de aterro no tapete impermeabilizante na seção i, em m^3/m
H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m
d_p	Distância auxiliar, em m
B_{tri}	Largura da base da trincheira na seção i, em m
H_{tr}	Profundidade da trincheira, em m
B_{tpi}	Largura do tapete impermeabilizante na seção i, em m
e_{imi}	Espessura do tapete impermeabilizante na seção i, em m
H_{bl}	4,0m, altura de borda livre da barragem
d	Depleção máxima do reservatório, em m

O preço unitário de **aterro compactado** é de R\$ 2,69/ m^3 , referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço do metro cúbico medido na seção do maciço como definido nas linhas de projeto da barragem, inclui apenas os serviços de espalhamento e compactação e depende basicamente da origem do material.

A seguir são apresentados preços unitários de serviços relacionados com aterro, em reais, referidos a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste:

- Manuseio de estoque: 6,98/ m^3
- Escavação de solo em jazida: 8,66/ m^3
- Adicional de transporte de solo: 2,29/ $m^3.km$

Para a situação em que ocorrer depósito intermediário em pilhas de estoque, o volume em questão será onerado pelos serviços de recarga e transporte. No caso de haver déficit de material, dever-se-á prever escavação em jazida de solo onerada pelos serviços de limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga. Quando as escavações obrigatórias estiverem a uma distância maior que 1,5km, onerar-se-á o volume com o custo de transporte.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Transição e Filtros (Conta .12.17.25.29)

O volume de filtro vertical por metro de barragem na seção i, V_{vi} (m^3/m), é dado pela expressão:

$$V_{vi} = 2 \times (H_{bai} - 5)$$

onde:

H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m
-----------	-------------------------------------

O volume de filtro horizontal por metro de barragem na seção i, V_{hi} (m^3/m), é dado pela expressão:

$$V_{hi} = 3,75 \times H_{bai}$$

onde:

H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m
-----------	-------------------------------------

O preço unitário de **filtros** é de R\$ 26,00/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço do metro cúbico medido na seção do maciço como definido nas linhas de projeto da barragem e inclui os serviços de produção de areia artificial e brita, através do beneficiamento da rocha escavada, bem como transporte, espalhamento e compactação. Caso seja especificado o uso de areia natural, o fornecimento deverá resultar de uma pesquisa específica ou de preços unitários já verificados na região, devendo ser agregado o valor de R\$ 9,86/m³ na seção referente aos serviços de carga, transporte local, descarga e compactação, na mesma data base.

Para se obter o preço final do material compactado, já que a proporção dos seus componentes e serviços afeta consideravelmente o preço unitário do aterro, deverá ser estimado, para cada situação, uma proporção dos volumes por tipo de serviço e origem dos materiais, e assim determinar o preço unitário médio ponderado.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Proteção do Talude de Montante (Conta .12.17.25.32.18)

O volume do enrocamento de proteção (rip-rap) por metro de barragem na seção i, V_{pi} (m³/m), é dado pela expressão:

$$V_{pi} = 4,74 \times d_p$$

sendo:

$$d_p = H_{bl} + d + 4 \leq H_{bai}$$

onde:

d_p	Distância auxiliar, em m
H_{bl}	4,0m, altura de borda livre da barragem
d	Depleção máxima do reservatório, em m
H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m

O preço unitário de **enrocamento de proteção** é de R\$ 12,90/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço do metro cúbico medido na seção do maciço como definido nas linhas de projeto da barragem e inclui apenas os serviços de espalhamento e compactação.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Proteção do Talude de Jusante (Conta .12.17.25.32.19)

A área de grama por metro de barragem na seção i, A_{gi} (m²/m), é dada pela expressão:

$$A_{gi} = 2,69 \times H_{bai} - 4$$

onde:

H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m
-----------	-------------------------------------

O preço unitário de **grama** é de R\$ 5,90/m², referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço do metro quadrado medido na seção do maciço como definido nas linhas de projeto da barragem e inclui o fornecimento e colocação.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Outros Custos (Conta .12.17.25.17)

A parcela de custo relativa a outros serviços deverá ser estimada adotando-se um percentual de 2% do custo total da estrutura correspondente.

BARRAGENS DE ENROCAMENTO COM NÚCLEO DE ARGILA VERTICAL (Conta .12.17.25)

Dados Básicos

As principais informações utilizadas no dimensionamento e quantificação vêm do arranjo geral e são as seguintes:

- Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.6.
- Cota média do terreno na seção i transversal ao eixo longitudinal da barragem, El_{te} , em m.
- Espessura média da camada de solo na área da barragem, e_{te} em m.
- Inclinação do talude de montante, distância horizontal para um desnível de 1,0 m, m_m , em m.
- Inclinação do talude de jusante, distância horizontal para um desnível de 1,0 m, m_j , em m.
- Distância entre as seções i e $i-1$, ΔL_i , em m.

Considerações e Recomendações

Este texto refere-se a uma barragem com seção típica apresentada na Figura 5.7.4.02.

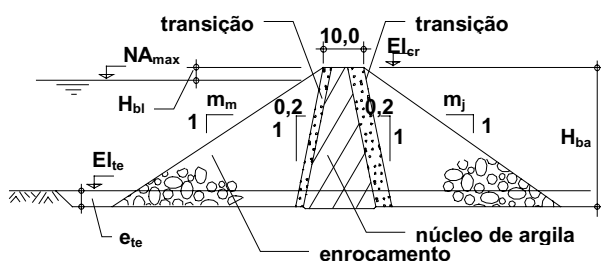


Figura 5.7.4.02 – Seção típica de barragem de enrocamento com núcleo de argila vertical.

Recomenda-se **selecionar seções** sobre as curvas de nível e em singularidades importantes como fundo de selas, topos de morros, margens do leito do rio e, em especial, os pontos de interrupção – por exemplo, tomadas d'água e vertedouros.

A espessura da **camada de solo** no leito do rio poderá ser diferente da espessura média nas ombreiras, sendo muitas vezes nula.

Quantidades por Tipo de Serviço

As **quantidades por tipo de serviço**, Qtd, são dadas pela expressão geral:

$$Qtd = \sum_i \frac{Sec_i + Sec_{i-1}}{2} \times \Delta L_i$$

onde:

Sec_i	Comprimento, área ou volume por metro de barragem na seção i , em m/m, m ² /m ou m ³ /m
ΔL_i	Distância entre as seções i e $i-1$, em m

A altura da barragem na seção i, H_{bai} (m), é dada pela expressão:

$$H_{bai} = El_{cr} - (El_{tei} - e_{tei})$$

sendo:

$$El_{cr} = NA_{max} + H_{bl}$$

H_{bl}	Para
3,0	Barragens com altura máxima inferior a 20m e reservatório com área inferior a 50km ²
4,0	Demais casos

onde:

El_{cr}	Cota do coroamento da barragem
El_{tei}	Cota média do terreno na seção i transversal ao eixo longitudinal da barragem
e_{tei}	Espessura da camada de terra na seção i da barragem, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
H_{bl}	Altura de borda livre da barragem, em m

Escavação Comum e Jazida (Conta .12.17.25.12.10)

O volume de escavação comum por metro de barragem na seção i, V_{ti} (m³/m), é dado pela expressão:

$$V_{ti} = [(m_m + m_j) \times H_{bai} + 30 + e_{tei}] \times e_{tei}$$

sendo:

m	Para
1,30	Barragem baixa e em local de fundação de boa qualidade, e sem bermas intermediárias
1,75	Barragem muito alta e em local de fundação de baixa qualidade, e com bermas intermediárias

onde:

m_m	Inclinação do talude de montante, distância horizontal para um desnível de 1,0 m, em m
m_j	Inclinação do talude de jusante, em m
H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m
e_{tei}	Espessura da camada de terra na seção i da barragem, em m

O volume de escavação comum em jazida, V_{tp} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{tp} = V_n - 0,9 \times \sum V_{tnj} \geq 0$$

onde:

V_n	Volume de núcleo de argila, em m ³
V_{tnj}	Volume de escavação comum nas estruturas j adequado para núcleo, em m ³

O preço unitário de **escavação comum** é de R\$ 7,60/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da barragem, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes descontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou

- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (Conta .12.17.25.12.11)

O volume necessário para a regularização está computado no tratamento de fundação.

Caso haja necessidade de escavação embaixo do espaldares ou de trincheiras, esse volume deverá ser estimado e colocado nesta conta.

O volume de escavação em rocha em pedra, V_{rp} (m^3), é dado pela expressão:

$$V_{rp} = \frac{\sum V_{ej}}{1,3} + \sum V_{cj} - 0,9 \times (\sum V_{rj} + \sum V_{sj}) \geq 0$$

onde:

V_{ej}	Volume de enrocamento nas estruturas j, em m^3
1,3	Coefficiente considerando empolamento de 30%
V_{cj}	Volume de concreto nas estruturas j, em m^3
0,9	Coefficiente considerando perda de 10%
V_{rj}	Volume de escavação em rocha nas estruturas j, em m^3
V_{sj}	Volume de escavação subterrânea em rocha nas estruturas j, em m^3

O preço unitário de **escavação em rocha** é de R\$ 21,00/ m^3 , referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da barragem, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (Conta .12.17.25.13)

A área de limpeza da fundação por metro de barragem na seção i, A_{lfi} (m^2/m), é dada pela expressão:

$$A_{lfi} = (m_m + m_j) \times H_{bai} + 10$$

onde:

m_m	Inclinação do talude de montante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m
m_j	Inclinação do talude de jusante, em m
H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m

O volume de escavação e regularização com concreto (sem armadura e cimento a uma taxa de 200 kg/m^3) sob o núcleo, por metro de barragem na seção i, V_{TFi} (m^3/m), é dado pela expressão:

$$V_{TFi} = 0,2 \times H_{bai} + 2$$

onde:

H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m
-----------	-------------------------------------

O comprimento de cortina de injeção por metro de barragem na seção i, L_{tf} (m/m), é dado pela expressão:

$$L_{tf} = \frac{1}{3,0} \times L_{1tf} \quad L_{1tf} = H_{bai} - H_{bl} \leq 40 \text{ m}$$

onde:

L_{1tf}	Comprimento de um furo de injeção de cimento, em m
-----------	--

H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m
-----------	-------------------------------------

H_{bl}	Altura de borda livre da barragem, em m
----------	---

Os preços unitários dos serviços correspondentes a **limpeza e tratamento de fundação** – expressos em reais, referido a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste –, incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Escavação em rocha a céu aberto: 21,00/ m³
- Concreto de regularização (dental): 113,00/m³
- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/m²
- Furo roto-percussivo: 168,00/m
- Injeção com calda de cimento: 72,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Enrocamento (Conta .12.17.25.25)

O volume de enrocamento por metro de barragem na seção i, V_{ei} (m³/m), é dado pela expressão:

$$V_{ei} = \left(\frac{m_m + m_j - 0,4}{2} \right) \times H_{bai}^2$$

onde:

m_m	Inclinação do talude de montante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m
-------	---

m_j	Inclinação do talude de jusante, em m
-------	---------------------------------------

H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m
-----------	-------------------------------------

O preço unitário de **enrocamento** é de R\$ 10,40/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço do metro cúbico medido na seção do maciço como definido nas linhas de projeto da barragem, inclui apenas os serviços de espalhamento e compactação e depende basicamente da origem do material.

A seguir são apresentados preços unitários de serviços relacionados com enrocamento, também em reais, referido a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste:

- Manuseio de estoque: 6,98/m³
- Escavação em pedra: 14,43/m³
- Transporte de enrocamento: 2,21/m³.km

Para a situação em que ocorrer depósito intermediário em pilhas de estoque, o volume em questão será onerado pelos serviços de recarga e transporte. No caso de haver déficit de material, dever-se-á prever escavação em pedreira onerada pelos serviços de limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga. Quando as escavações obrigatórias estiverem a uma distância maior que 1,5km, dever-se-á onerar o volume com o custo de transporte.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Núcleo de Argila (Conta .12.17.25.26)

O volume de núcleo de argila por metro de barragem na seção i , V_{ni} (m^3/m), é dado pela expressão:

$$V_{ni} = 0,2 \times H_{bai}^2 + 4 \times H_{bai}$$

onde:

H_{bai} Altura da barragem na seção i , em m

O preço unitário de **núcleo de argila** é de R\$ 11,10/ m^3 , referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço do metro cúbico medido na seção do maciço como definido nas linhas de projeto da barragem, inclui apenas os serviços de espalhamento e compactação e depende basicamente da origem do material.

A seguir são apresentados preços unitários de serviços relacionados com aterro, em reais, referido a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste:

- Manuseio de estoque: 6,98/ m^3
- Escavação de solo em jazida: 8,66/ m^3
- Transporte de solo: 2,29/ $m^3.km$

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Transição e Filtro (Conta .12.17.25.29)

O volume de filtros e transições por metro de barragem na seção i , V_{vi} (m^3/m), é dado pela expressão:

$$V_{vi} = 6 \times H_{bai}$$

onde:

H_{bai} Altura da barragem na seção i , em m

O preço unitário de **filtro e transição** é de R\$ 26,00/ m^3 , referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço do metro cúbico medido na seção do maciço como definido nas linhas de projeto da barragem e inclui os serviços de produção de areia artificial e brita, através do beneficiamento da rocha escavada, bem como transporte, espalhamento e compactação. Caso seja especificado o uso de areia natural, o fornecimento deverá resultar de uma pesquisa específica ou de preços unitários já verificados na região, devendo ser agregado o valor de R\$ 9,86/ m^3 na seção referente aos serviços de carga, transporte local, descarga e compactação, na mesma data base.

Para se obter o preço final do material compactado, já que a proporção dos seus componentes e serviços afeta consideravelmente o preço unitário do aterro, deverá ser estimado, para cada situação, uma proporção dos volumes por tipo de serviço e origem dos materiais, e assim determinar o preço unitário médio ponderado.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Outros Custos (Conta .12.17.25.17)

A parcela de custo relativa a outros serviços deverá ser estimada adotando-se um percentual de 2% do custo total da estrutura correspondente.

BARRAGENS DE ENROCAMENTO COM NÚCLEO DE ARGILA INCLINADO (Conta .12.17.25)

Dados Básicos

As principais informações utilizadas no dimensionamento e quantificação vêm do arranjo geral e são as seguintes:

- Nível d’água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.6, em m.
- Cota média do terreno na seção i transversal ao eixo longitudinal da barragem, El_{tei} , em m.
- Espessura da camada de solo na seção i da barragem, e_{te} , em m.
- Inclinação do talude de montante, distância horizontal para um desnível de 1,0 m, m_m , em m.
- Inclinação do talude de jusante, distância horizontal para um desnível de 1,0 m, m_j , em m.
- Distância entre as seções i e i-1, ΔL_i , em m.

Considerações e recomendações

Este texto refere-se a uma barragem com seção típica apresentada na Figura 5.7.4.03.

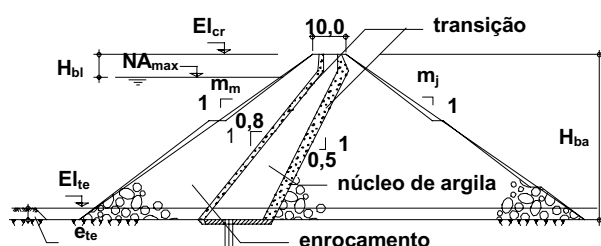


Figura 5.7.4.03 – Seção típica de barragem de enrocamento com núcleo de argila inclinado.

Recomenda-se **selecionar seções** sobre as curvas de nível e em singularidades importantes como fundo de selas, topos de morros, margens do leito do rio e, em especial, os pontos de interrupção – por exemplo, tomadas d’água e vertedouros.

A espessura da **camada de solo** no leito do rio poderá ser diferente da espessura média nas ombreiras, sendo muitas vezes nula.

Quantidades por Tipo de Serviço

As **quantidades por tipo de serviço**, Qtd, são dadas pela expressão geral:

$$Qtd = \sum_i \frac{Sec_i + Sec_{i-1}}{2} \times \Delta L_i$$

onde:

Sec_i	Comprimento, área ou volume por metro de barragem na seção i, em m/m, m ² /m ou m ³ /m
ΔL_i	Distância entre as seções i e i-1, em m

A **altura da barragem na seção i**, H_{bai} (m), é dada pela expressão:

$$H_{bai} = El_{cr} - (El_{tei} - e_{te})$$

sendo: $EI_{cr} = NA_{max} + H_{bl}$

H_{bl}	Para
3,0	Barragens com altura máxima inferior a 20m e reservatório com área inferior a 50km ²
4,0	Demais casos

onde:

EI_{cr}	Cota do coroamento da barragem, em m
EI_{tei}	Cota média do terreno na seção i transversal ao eixo longitudinal da barragem, em m
e_{tei}	Espessura da camada de solo na seção i da barragem, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório
H_{bl}	Altura de borda livre da barragem, em m

Escavação Comum e Jazida (Conta .12.17.25.12.10)

O volume de escavação comum por metro de barragem na seção i, V_{ti} (m³/m), é dado pela expressão:

$$V_{ti} = \left[(m_m + m_j) \times H_{bai} + 30 + e_{tei} \right] \times e_{tei}$$

sendo:

m	Para
1,30	Barragem baixa e em local de fundação de boa qualidade, e sem bermas intermediárias
1,75	Barragem muito alta e em local de fundação de baixa qualidade, e com bermas intermediárias

onde:

m_m	Inclinação do talude de montante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m
m_j	Inclinação do talude de jusante, em m
H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m
e_{tei}	Espessura da camada de solo na seção i da barragem, em m

O volume de escavação comum em jazida, V_{tp} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{tp} = V_n - 0,9 \times \sum V_{tnj} \geq 0$$

onde:

V_n	Volume de núcleo de argila, em m ³
V_{tnj}	Volume de escavação comum nas estruturas j com material adequado para núcleo, em m ³

O preço unitário de **escavação comum** é de R\$ 7,60/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da barragem, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (Conta .12.17.25.12.11)

O volume necessário para a regularização está computado no tratamento de fundação.

Caso haja necessidade de escavação embaixo dos espaldares ou de trincheiras, esse volume deverá ser estimado e colocado nesta conta.

O volume de escavação em rocha em pedreira, V_{rp} (m^3), é dado pela expressão:

$$V_{rp} = \frac{\sum V_{ej}}{1,3} + \sum V_{cj} - 0,9 \times (\sum V_{rj} + \sum V_{sj}) \geq 0$$

onde:

V_{ej}	Volume de enrocamento nas estruturas j, em m^3
1,3	Coefficiente considerando empolamento de 30%
V_{cj}	Volume de concreto nas estruturas j, em m^3
0,9	Coefficiente considerando perda de 10%
V_{rj}	Volume de escavação em rocha nas estruturas j, em m^3
V_{sj}	Volume de escavação subterrânea em rocha nas estruturas j, em m^3

O preço unitário de **escavação em rocha** é de R\$ 21,00/ m^3 , referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico do material escavado e inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (Conta .12.17.25.13)

A área de limpeza da fundação por metro de barragem na seção i, A_{ffi} (m^2/m), é dada pela expressão:

$$A_{ffi} = (m_m + m_j) \times H_{bai} + 10$$

onde:

m_m	Inclinação do talude de montante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m
m_j	Inclinação do talude de jusante, em m
H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m

O volume de escavação e regularização com concreto (sem armadura e cimento a uma taxa de 200kg/ m^3) sob o núcleo, por metro de barragem na seção i, V_{TFi} (m^3/m), é dado pela expressão:

$$V_{TFi} = 0,2 \times H_{bai} + 2$$

onde:

H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m
-----------	-------------------------------------

O comprimento de cortina de injeção por metro de barragem na seção i, L_{tf} (m/m), é dado pela expressão:

$$L_{tf} = \frac{1}{3,0} \times (H_{bai} - H_{bl})$$

onde:

H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m
H_{bl}	Altura de borda livre da barragem, em m

Os preços unitários dos serviços correspondentes a **limpeza e tratamento de fundação** – expressos em reais, referidos a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste –, incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Escavação em rocha a céu aberto: 21,00/ m³
- Concreto de regularização (dental): 113,00/m³
- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/m²
- Furo roto-percussivo: 168,00/m
- Injeção com calda de cimento: 72,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado

Enrocamento (Conta .12.17.25.25)

O volume de enrocamento por metro de barragem na seção *i*, V_{ei} (m³/m), é dado pela expressão:

$$V_{ei} = \left(\frac{m_m + m_j - 0,3}{2} \right) \times H_{bai}^2 + 0,45 \times H_{bai} + 5$$

onde:

m_m	Inclinação do talude de montante, distância horizontal para um desnível de 1,0 m, em m
m_j	Inclinação do talude de jusante, em m
H_{bai}	Altura da barragem na seção <i>i</i> , em m.

O preço unitário de **enrocamento** é de R\$ 10,40/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço do metro cúbico medido na seção do maciço como definido nas linhas de projeto da barragem, inclui apenas os serviços de espalhamento e compactação e depende basicamente da origem do material.

A seguir são apresentados preços unitários de serviços relacionados com enrocamento, também em reais, referidos a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste:

- Manuseio de estoque: 6,98/m³
- Escavação em pedreira: 14,43/m³
- Transporte de enrocamento: 2,21/m³.km

Para a situação em que ocorrer depósito intermediário em pilhas de estoque, o volume em questão será onerado pelos serviços de recarga e transporte. No caso de haver déficit de material, dever-se-á prever escavação em pedreira onerada pelos serviços de limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga. Quando as escavações obrigatórias estiverem a uma distância maior que 1,5km, dever-se-á onerar o volume com o custo de transporte.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Núcleo de Argila (Conta .12.17.25.26)

O volume de núcleo de argila por metro de barragem na seção *i*, V_{ni} (m³/m), é dado pela expressão:

$$V_{ni} = 0,15 \times H_{bai}^2 + 3,55 \times H_{bai} + 2$$

onde:

H_{bai}	Altura da barragem na seção <i>i</i> , em m
-----------	---

O preço unitário de **núcleo de argila** é de R\$ 11,10/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço do metro cúbico medido na seção do maciço como definido nas linhas de projeto da barragem, inclui apenas os serviços de espalhamento e compactação e depende basicamente da origem do material.

A seguir são apresentados preços unitários de serviços relacionados com aterro, também em reais, referidos a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste:

- Manuseio de estoque: 6,98/m³
- Escavação de solo em jazida: 8,66/m³
- Transporte de solo: 2,29/m³.km

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Transição e Filtro (Conta .12.17.25.29)

O volume de filtro e transição por metro de barragem na seção i , V_{vi} (m³/m), é dado pela expressão:

$$V_{vi} = 6 \times H_{bai} - 7$$

onde:

H_{bai} Altura da barragem na seção i , em m

O preço unitário de **filtro** é de R\$ 26,00/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço do metro cúbico medido na seção do maciço como definido nas linhas de projeto da barragem e inclui os serviços de produção de areia artificial e brita, através do beneficiamento da rocha escavada, bem como transporte, espalhamento e compactação. Caso seja especificado o uso de areia natural, o fornecimento deverá resultar de uma pesquisa específica ou de preços unitários já verificados na região, devendo ser agregado o valor de R\$ 9,86/m³ na seção referente aos serviços de carga, transporte local, descarga e compactação, na mesma data base.

Para se obter o preço final do material compactado, já que a proporção dos seus componentes e serviços afeta consideravelmente o preço unitário do aterro, deverá ser estimado, para cada situação, uma proporção dos volumes por tipo de serviço e origem dos materiais, e assim determinar o preço unitário médio ponderado.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Outros Custos (Conta .12.17.25.17)

A parcela de custo relativa a outros serviços deverá ser estimada adotando-se um percentual de 2% do custo total da estrutura correspondente.

BARRAGENS DE ENROCAMENTO COM FACE DE CONCRETO (Conta .12.17.25)

Dados Básicos

As principais informações utilizadas no dimensionamento e quantificação vêm do arranjo geral e são as seguintes:

- Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.6, em m.
- Cota média do terreno na seção i transversal ao eixo longitudinal da barragem, El_{tei} , em m.

- Espessura da camada de solo na seção i da barragem, e_{tei} , em m.
- Inclinação do talude de montante, distância horizontal para um desnível de 1,0 m, m_m em m.
- Inclinação do talude de jusante, distância horizontal para um desnível de 1,0 m, m_j em m.
- Distância entre as seções i e i-1, ΔL_i em m.

Considerações e Recomendações

Este texto refere-se a uma barragem com seção típica apresentada na Figura 5.7.4.04.

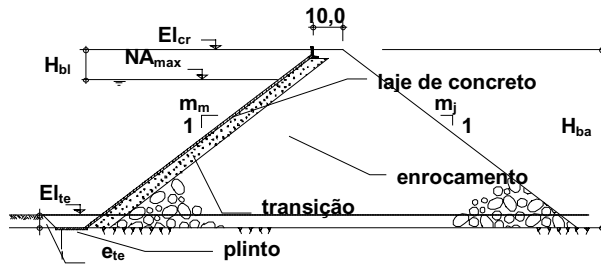


Figura 5.7.4.04 – Seção típica de barragem de enrocamento com face de concreto.

Recomenda-se **selecionar seções** sobre as curvas de nível e em singularidades importantes como fundo de selas, topos de morros, margens do leito do rio e, em especial, os pontos de interrupção — por exemplo, tomadas d’água e vertedouros.

A espessura da **camada de solo** no leito do rio poderá ser diferente da espessura média nas ombreiras, sendo muitas vezes nula.

Quantidades por Tipo de Serviço

As **quantidades por tipo de serviço**, Qtd, são dadas pela expressão geral:

$$Qtd = \sum_i \frac{Sec_i + Sec_{i-1}}{2} \times \Delta L_i$$

onde:

Sec_i	Comprimento, área ou volume por metro de barragem na seção i, em m/m, m ² /m ou m ³ /m
ΔL_i	Distância entre as seções i e i-1, em m

A **altura da barragem na seção i**, H_{bai} (m), é dada pela expressão:

$$H_{bai} = El_{cr} - (El_{tei} - e_{tei})$$

$$\text{sendo: } El_{cr} = NA_{max} + H_{bl}$$

H_{bl}	Para
3,0	Barragens com altura máxima inferior a 20 m e reservatório com área inferior a 50km ²
4,0	Demais casos

onde:

El_{cr}	Cota do coroamento da barragem
El_{tei}	Cota média do terreno na seção i transversal ao eixo longitudinal da barragem
e_{tei}	Espessura média da camada de terra na área da barragem, em m
NA_{max}	Nível d’água máximo normal do reservatório, em m
H_{bl}	Altura de borda livre da barragem, em m

Escavação Comum e Jazida (Conta .12.17.25.12.10)

O volume de escavação comum por metro de barragem na seção i , V_{ti} (m^3/m), é dado pela expressão:

$$V_{ti} = \left[(m_m + m_j) \times H_{bai} + 33 + e_{tei} \right] \times e_{tei}$$

sendo:

m	Para
1,3	Barragem baixa e em local de fundação de boa qualidade
1,5	Barragem muito alta e em local de fundação de baixa qualidade

onde:

m_m	Inclinação do talude de montante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m
m_j	Inclinação do talude de jusante, em m
H_{bai}	Altura da barragem na seção i , em m
e_{tei}	Espessura da camada de solo na seção i da barragem, em m

O preço unitário de **escavação comum** é de R\$ 7,60/ m^3 , referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da barragem, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (Conta .12.17.25.12.11)

Caso haja necessidade de escavação embaixo do espaldares ou de trincheiras, esse volume deverá ser estimado e colocado nesta conta.

O volume de escavação em rocha em pedra, V_{rp} (m^3), é dado pela expressão:

$$V_{rp} = \frac{\sum V_{ej}}{1,3} + \sum V_{cj} - 0,9 \times (\sum V_{rj} + \sum V_{sj}) \geq 0$$

onde:

V_{ej}	Volume de enrocamento nas estruturas j , em m^3
1,3	Coefficiente considerando empolamento de 30%
V_{cj}	Volume de concreto nas estruturas j , em m^3
0,9	Coefficiente considerando perda de 10%
V_{rj}	Volume de escavação em rocha nas estruturas j , em m^3
V_{sj}	Volume de escavação subterrânea em rocha nas estruturas j , em m^3

O preço unitário de **escavação em rocha** é de R\$ 21,00/ m^3 , referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corres-

ponde ao preço por metro cúbico do material escavado e inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (Conta .12.17.25.13)

A área de limpeza da fundação por metro de barragem na seção i , A_{lfi} (m^2/m), é dada pela expressão:

$$A_{lfi} = (m_m + m_j) \times H_{bai} + 13$$

onde:

m_m	Inclinação do talude de montante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m
m_j	Inclinação do talude de jusante, em m
H_{bai}	Altura da barragem na seção i , em m

O comprimento de chumbadores por metro de barragem na seção i , L_{tfc_i} (m/m), é dado pela expressão:

$$L_{tfc_i} = 13,3$$

O comprimento da injeção de cimento por metro de barragem na seção i , L_{tfc_i} (m/m), é dado pela expressão:

$$L_{tfc_i} = \frac{1}{3,0} \times (H_{bai} - H_{bl})$$

onde:

H_{bai}	Altura da barragem na seção i , em m
H_{bl}	Altura de borda livre da barragem, em m

Os preços unitários dos serviços correspondentes a **limpeza e tratamento de fundação** – expressos em reais, referidos a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste –, incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Escavação em rocha a céu aberto: 21,00/m³
- Concreto de regularização(dental): 113,00/m³
- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/m²
- Furo roto-percussivo: 168,00/m
- Injeção com calda de cimento: 72,00/m
- chumbador: 241,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Enrocamento (Conta .12.17.25.25)

O volume de enrocamento por metro de barragem na seção i , V_{ei} (m³/m), é dado pela expressão:

$$V_{ei} = \left(\frac{m_m + m_j - 0,035}{2} \right) \times H_{bai}^2 + 2,47 \times H_{bai} - 12$$

onde:

m_m	Inclinação do talude de montante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m
m_j	Inclinação do talude de jusante, em m
H_{bai}	Altura da barragem na seção i , em m

O preço unitário de **enrocamento** é de R\$ 10,40/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço do metro cúbico medido na seção do maciço como definido nas linhas de projeto da barragem, inclui apenas os serviços de espalhamento e compactação e depende basicamente da origem do material.

A seguir são apresentados preços unitários de serviços relacionados com enrocamento, também em reais, referidos a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste:

- Manuseio de estoque: 6,98/m³
- Escavação em pedra: 14,43/m³
- Transporte adicional de enrocamento: 2,29/m³.km

Para a situação em que ocorrer depósito intermediário em pilhas de estoque, o volume em questão será onerado pelos serviços de recarga e transporte. No caso de haver déficit de material, dever-se-á prever escavação em pedra onerada pelos serviços de limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga. Quando as escavações obrigatórias estiverem a uma distância maior que 1,5km, dever-se-á onerar o volume com o custo de transporte.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (Conta .12.17.25.14)

O volume de concreto por metro de barragem na seção i, V_{cbi} (m³/m), é dado pela expressão:

$$V_{cbi} = V_{cti} + V_{cli} + V_{cni} + V_{cdi}$$

sendo

$$V_{cti} = 3,19 \quad V_{cli} = \sqrt{1+m_m^2} \times (0,00179 \times H_{bai}^2 + 0,29 \times H_{bai} - 0,8)$$

$$V_{cni} = 3,85 \quad V_{cdi} = 2,75$$

onde:

V _{cti}	Volume de concreto do parapeito, em m ³ /m
V _{cli}	Volume de concreto da laje, em m ³ /m
V _{cni}	Volume de concreto do plinto, em m ³ /m
V _{cdi}	Volume de concreto de regularização, em m ³ /m
m _m	Inclinação do talude de montante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m
H _{bai}	Altura da barragem na seção i, em m

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m ³)	Armadura (kg/m ³)
Parapeito	300	100
Laje e plinto	250	80
Regularização	200	0

O preço unitário do **cimento** é de R\$ 348,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da **armadura** é de R\$ 4.327,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao

preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do **concreto sem cimento** expressos em reais por metro cúbico do volume da barragem, referidos a dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Parapeito: 474,00/m³
- Laje e plinto: 234,00/m³
- Regularização: 113,00/m³

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressivas, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobilização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Transição e Filtro (Conta .12.17.25.29)

O volume do berço de brita por metro de barragem na seção i, V_{vi} (m³/m), é dado pela expressão:

$$V_{vi} = 0,0175 \times H_{bai}^2 + 4,9 \times H_{bai} - 14$$

onde:

H_{bai} Altura da barragem na seção i, em m

O preço unitário de **transição** é de R\$ 26,00/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço do metro cúbico medido na seção do maciço como definido nas linhas de projeto da barragem e inclui os serviços de produção de areia artificial e brita, através do beneficiamento da rocha escavada, bem como transporte, espalhamento e compactação. Caso seja especificado o uso de areia natural, o fornecimento deverá resultar de uma pesquisa específica ou de preços unitários já verificados na região, devendo ser agregado o valor de R\$ 9,86/m³ na seção referente aos serviços de carga, transporte local, descarga e compactação, na mesma data base.

Para se obter o preço final do material compactado, já que a proporção dos seus componentes e serviços afeta consideravelmente o preço unitário do aterro, deverá ser estimado, para cada situação, uma proporção dos volumes por tipo de serviço e origem dos materiais, e assim determinar o preço unitário médio ponderado.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Outros Custos (Conta .12.17.25.17)

A parcela de custo relativa a outros serviços, deverá ser estimada adotando-se um percentual de 2% do custo total da estrutura correspondente.

BARRAGENS DE CONCRETO CONVENCIONAL A GRAVIDADE (Conta .12.17.26)

Dados Básicos

As principais informações utilizadas no dimensionamento e quantificação vêm do arranjo geral e são as seguintes:

- Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.6, em m.
- Cota média do terreno na seção i transversal ao eixo longitudinal da barragem, El_{te_i} , em m.
- Espessura da camada de solo na seção i da barragem, e_{te_i} , em m.
- Inclinação do talude de jusante, distância horizontal para um desnível de 1,0 m, m_j , em m.
- Distância entre as seções i e i-1, ΔL_i , em m.
- Cota do fundo do canal de aproximação às adufas de desvio, El_{ca} , do item 5.7.3, se for o caso, em m.
- Cota média do terreno na área das adufas, El_{te} , se for o caso, em m.
- Altura das adufas, H_{ad} , em m, do item 5.7.3, se for o caso.
- Largura de uma adufa, B_{lad} em m, do item 5.7.3, se for o caso.
- Número de adufas, N_{ad} , do item 5.7.3, se for o caso.
- Largura total das adufas, B_{ad} em m, do item 5.7.3, se for o caso.

Considerações e Recomendações

Este texto refere-se a uma barragem com seção típica apresentada na Figura 5.7.4.05.

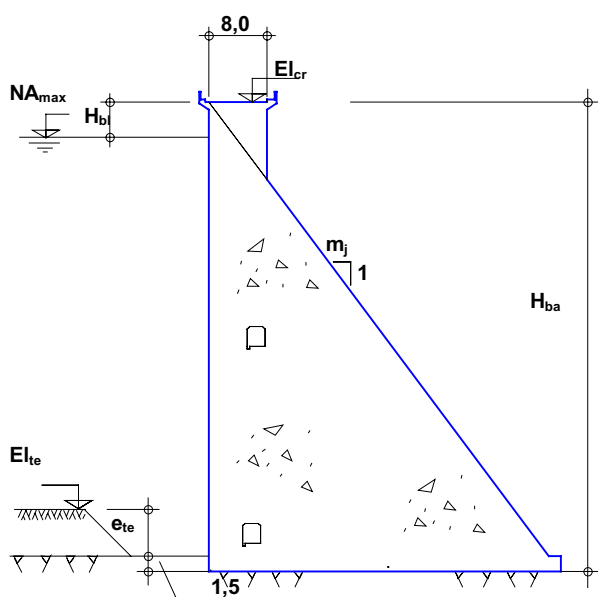


Figura 5.7.4.05 – Seção típica de barragem de concreto convencional a gravidade.

Recomenda-se **selecionar seções** sobre as curvas de nível e em singularidades importantes como fundo de selas, topos de morros, margens do leito do rio e, em especial, os pontos de interrupção – por exemplo, tomadas d'água e vertedouros.

A espessura da **camada de solo** no leito do rio poderá ser diferente da espessura média nas ombreiras, sendo muitas vezes nula.

Quantidades por Tipo de Serviço

As **quantidades por tipo de serviço**, Qtd, são dadas pela expressão geral:

$$Qtd = \sum_i \frac{Sec_i + Sec_{i-1}}{2} \times \Delta L_i$$

onde:

Sec_i	Comprimento, área ou volume por metro de barragem na seção i, em m/m, m ² /m ou m ³ /m
ΔL_i	Distância entre as seções i e i-1, em m

A altura da barragem na seção i, H_{bai} (m), é dada pela expressão:

$$H_{bai} = El_{cr} - (El_{tei} - e_{tei} - 1,5)$$

sendo:

$$El_{cr} = NA_{max} + H_{bl}$$

onde:

El_{cr}	Cota do coroamento da barragem, em m
El_{tei}	Cota média do terreno na seção i transversal ao eixo longitudinal da barragem, em m
e_{te}	Espessura média da camada de terra na área da barragem, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
H_{bl}	3,0m – altura de borda livre da barragem

A altura da barragem na seção onde estão localizadas as adufas, H_{ba} (m), se for o caso, é dada pela expressão:

$$H_{ba} = El_{cr} - (El_{ca} - 1,5)$$

onde:

El_{cr}	Cota do coroamento da barragem, em m
El_{ca}	Cota do fundo canal de aproximação às adufas de desvio, em m

Escavação Comum (Conta .12.17.26.12.10)

O volume de escavação comum por metro de barragem na seção i, V_{ti} (m³/m), é dado pela expressão:

$$V_{ti} = (m_j \times H_{bai} + 20 + e_{tei}) \times e_{tei}$$

onde:

m_j	0,75 – inclinação do talude de jusante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m, para fundação de boa qualidade
H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m
e_{te}	Espessura média da camada de terra na área da barragem, em m

O preço unitário de **escavação comum** é de R\$ 7,60/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da barragem, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (Conta .12.17.26.12.11)

O volume de escavação em rocha por metro de barragem na seção i , V_{ri} (m³/m), é dado pela expressão:

$$V_{ri} = m_j \times H_{bai} \times 1,5$$

onde:

m_j	Inclinação do talude de jusante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m
H_{bai}	Altura da barragem na seção i , em m

No caso de as adufas estarem localizadas no corpo da barragem, considerar o **acréscimo de volume de escavação em rocha**, V_{res} (m³), dado pela expressão:

$$V_{res} = [m_j \times H_{ba} \times (El_{te} - e_{te} - El_{ca}) + 17] \times B_{ad}$$

onde:

m_j	Inclinação do talude de jusante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m
H_{ba}	Altura da barragem na seção onde está localizada a adufa, em m
El_{te}	Cota média do terreno na área das adufas, em m
e_{te}	Espessura média da camada de terra na área da barragem, em m
El_{ca}	Cota do fundo canal de aproximação às adufas de desvio, em m
B_{ad}	Largura total das adufas, em m

O preço unitário de **escavação em rocha** é de R\$ 21,00/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da barragem, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (Conta .12.17.26.13)

A área de limpeza da fundação por metro de barragem na seção i , A_{fi} (m²/m), é dada pela expressão:

$$A_{fi} = m_j \times H_{bai}$$

onde:

m_j	Inclinação do talude de jusante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m
H_{bai}	Altura da barragem na seção i , em m

O comprimento dos furos de injeção de cimento por metro de barragem na seção i , L_{ffi} (m/m), é dado pela expressão:

$$L_{ffi} = \frac{1}{3,0} \times (H_{bai} - H_{bl})$$

onde:

H_{bai}	Altura da barragem na seção i , em m
H_{bl}	3,0m – altura de borda livre da barragem

Os preços unitários dos serviços correspondentes a **limpeza e tratamento de fundação** – expressos em reais, referidos a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste –, incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/m²
- Furo roto-percussivo: 168,00/m
- Injeção com calda de cimento: 72,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (Conta .12.17.26.14)

O volume de concreto por metro de barragem na seção i, V_{cbi} (m³/m), é dado pela expressão:

$$V_{cbi} = V_{cmi} + V_{cti}$$

sendo:

$$V_{cmi} = \frac{m_j}{2} \times H_{bai}^2 + \frac{32}{m_j} + 1,13 \times m_j - 6,7$$

$$V_{cti} = 2,5$$

onde:

V_{cmi}	Volume de concreto do corpo, em m ³ /m
V_{cti}	Volume de concreto do parapeito, em m ³ /m
m_j	Inclinação do talude de jusante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m
H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m

No caso de as adufas estarem localizadas no corpo da barragem, dever-se-á considerar o **acréscimo de volume de concreto devido a adufas**, V_{cad} (m³), dado pela expressão:

$$V_{cad} = V_{cac} + V_{cpl} - V_{cae} + V_{cat}$$

sendo:

$$V_{cac} = (0,24 \times H_{ad} + 15) \times B_{ad}$$

$$V_{cpl} = (0,16 \times H_{ad}^2 + 2,7 \times H_{ad} + 8) \times (N_{ad} + 1) \times e_{pa}$$

$$V_{cae} = (0,38 \times H_{ad} + 0,2) \times H_{ad} \times N_{ad} \times B_{1ad}$$

$$V_{cat} = \frac{\left[NA_{max} - \left(EL_{ca} + \frac{H_{ad}}{2} \right) \right] \times B_{1ad} \times H_{ad}}{(2 \times H_{ad} + B_{1ad}) \times 6} \times H_{ad} \times N_{ad} \times B_{1ad}$$

onde:

V_{cac}	Volume de concreto de parte da soleira das adufas, em m ³
V_{cpl}	Volume de concreto dos pilares das adufas a montante do paramento da barragem, em m ³
V_{cae}	Volume de concreto das entradas das adufas, em m ³
V_{cat}	Volume de concreto de tamponamento das adufas, em m ³
H_{ad}	Altura das adufas, em m
B_{ad}	Largura total das adufas, em m
e_{pa}	Espessura dos pilares das adufas, em m
N_{ad}	Número de adufas
B_{1ad}	Largura de uma adufa, em m

Dever-se-á, ainda, subtrair o **volume do espaço vazio das adufas** (V_{adu}), e é dado pela expressão:

$$V_{adu} = N_{ad} \times H_{ad} \times B_{1ad} \times m_j \times \left(H_{ba} - \frac{H_{ad}}{2} \right)$$

onde:

H_{ad}	Altura das adufas, em m
m_j	Inclinação do talude de jusante, distância horizontal para um desnível em 1m, em m
H_{ba}	Altura da barragem, em m
N_{ad}	Número de adufas
B_{1ad}	Largura de uma adufa, em m

Ainda no caso do desvio ser feito pela barragem, o **volume de concreto com taxas de cimento e armadura maiores** que as da barragem, V_{cen} (m^3), é dado pela expressão:

$$V_{cen} = V_{cet} + V_{ces} + V_{cep}$$

onde:

$$V_{cet} = m_j \times (H_{ba} - H_{ad} - 1,5) \times 0,25 \times H_{ad} \times B_{ad}$$

$$V_{ces} = 1,5 \times m_j \times H_{ba} \times B_{ad}$$

$$V_{cep} = m_j \times \left(H_{ba} - \frac{H_{ad}}{2} - 1,5 \right) \times H_{ad} \times (N_{ad} + 1) \times e_{pa} - V_{cae}$$

onde:

V_{cet}	Volume de concreto da laje acima das adufas, em m^3
V_{ces}	Volume de concreto da soleira das adufas, em m^3
V_{cep}	Volume de concreto dos pilares entre as adufas, em m^3
m_j	Inclinação do talude de jusante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m
H_{ba}	Altura da barragem na área das adufas, em m
H_{ad}	Altura das adufas, em m
B_{ad}	Largura total das adufas, em m
e_{pa}	Espessura dos pilares das adufas, em m
N_{ad}	Número de adufas
V_{cae}	Volume de concreto das entradas das adufas, em m^3

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m^3)	Armadura (kg/m^3)
Parapeito	300	70
Corpo da barragem e entrada das adufas	200	10
Soleira e pilares das adufas	250	80
Tamponamento	220	20

O preço unitário do **cimento** é de R\$ 348,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da **armadura** é de R\$ 4.327,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao

preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do **concreto sem cimento** expressos em reais por metro cúbico do volume da barragem, referidos a dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Parapeito: 474,00/m³
- Corpo da barragem e entrada das adufas: 113,00/m³
- Soleira e pilares das adufas: 174,00/m³
- Tamponamento: 174,00/m³

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Outros Custos (Conta .12.17.26.17)

A parcela de custo relativa a outros serviços, deverá ser estimada adotando-se um percentual de 2% do custo total da estrutura correspondente.

BARRAGENS DE CONCRETO COMPACTADO COM ROLO (Conta .12.17.26)

Dados Básicos

As principais informações utilizadas no dimensionamento e quantificação vêm do arranjo geral e são as seguintes:

- Inclinação do talude de jusante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, m_j em m
- Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.6, em m
- Cota média do terreno na seção i transversal ao eixo longitudinal da barragem, El_{tei} , em m
- Espessura da camada de solo na seção i da barragem, e_{tei} em m
- Distância entre as seções i e i-1, ΔL_i em m
- Cota do fundo do canal de aproximação às adufas de desvio, El_{ca} , do item 5.7.3, se for o caso, em m.
- Cota média do terreno na área das adufas, El_{te} , se for o caso, em m.
- Altura das adufas, H_{ad} em m, do item 5.7.3, se for o caso.
- Largura de uma adufa, B_{lad} em m, do item 5.7.3, se for o caso.
- Número de adufas, N_{ad} , do item 5.7.3, se for o caso.
- Largura total das adufas, B_{ad} em m, do item 5.7.3, se for o caso.

Considerações e Recomendações

Este texto refere-se a uma barragem com seção típica apresentada na Figura 5.7.4.06.

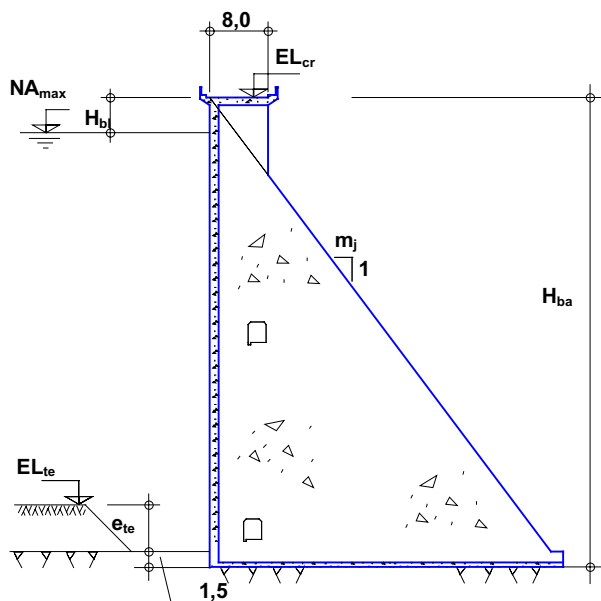


Figura 5.7.4.06 – Seção típica de barragem de concreto compactado com rolo.

Recomenda-se **selecionar seções** sobre as curvas de nível e em singularidades importantes como fundo de selas, topos de morros, margens do leito do rio e, em especial, os pontos de interrupção – por exemplo, tomadas d’água e vertedouros.

A espessura da **camada de solo** no leito do rio poderá ser diferente da espessura média nas ombreiras, sendo muitas vezes nula.

Quantidades por Tipo de Serviço

As **quantidades por tipo de serviço**, Qtd, são dadas pela expressão geral:

$$Qtd = \sum_i \frac{Sec_i + Sec_{i-1}}{2} \times \Delta L_i$$

onde:

Sec_i	Comprimento, área ou volume por metro de barragem na seção i, em m/m, m ² /m ou m ³ /m
ΔL_i	Distância entre as seções i e i-1, em m

A **altura da barragem na seção i**, H_{bai} (m), é dada pela expressão:

$$H_{bai} = EL_{cr} - (EL_{tei} - e_{te} - 1,5)$$

sendo:

$$EL_{cr} = NA_{max} + H_{bl}$$

onde:

EL_{cr}	Cota do coroamento da barragem
EL_{tei}	Cota média do terreno na seção i transversal ao eixo longitudinal da barragem
e_{te}	Espessura média da camada de terra na área da barragem, em m
NA_{max}	Nível d’água máximo normal do reservatório
H_{bl}	3,0 m – altura de borda livre da barragem

A **altura da barragem na seção onde estão localizadas as adufas**, H_{ba} (m), se for o caso, é dada pela expressão:

$$H_{ba} = EL_{cr} - (EL_{ca} - 1,5)$$

onde:

El_{cr}	Cota do coroamento da barragem
El_{ca}	Cota fundo canal de aproximação às adufas de desvio

Escavação Comum (Conta .12.17.26.12.10)

O volume de escavação comum por metro de barragem na seção i , V_{ti} (m^3/m), é dado pela expressão:

$$V_{ti} = (m_j \times H_{bai} + 20 + e_{tei}) \times e_{tei}$$

onde:

m_j	Inclinação do talude de jusante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m
H_{bai}	Altura da barragem na seção i , em m
e_{tei}	Espessura da camada de solo na seção i da barragem, em m

O preço unitário de **escavação comum** é de R\$ 7,60/ m^3 , referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da barragem, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (Conta .12.17.26.12.11)

O volume de escavação em rocha por metro de barragem na seção i , V_{ri} (m^3/m), é dado pela expressão:

$$V_{ri} = m_j \times H_{bai} \times 1,5$$

onde:

m_j	Inclinação do talude de jusante, distância horizontal para um desnível de 1,0 m, em m
H_{bai}	Altura da barragem na seção i , em m

No caso de as adufas estarem localizadas no corpo da barragem, dever-se-á considerar o **acréscimo de volume de escavação em rocha**, V_{res} (m^3), dado pela expressão:

$$V_{res} = [m_j \times H_{ba} \times (El_{te} - e_{te} - El_{ca}) + 17] \times B_{ad}$$

onde:

m_j	Inclinação do talude de jusante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m
H_{ba}	Altura da barragem na seção onde está localizada a adufa, em m
El_{te}	Cota média do terreno na área das adufas
e_{te}	Espessura média da camada de terra na área da barragem, em m
El_{ca}	Cota do fundo canal de aproximação às adufas de desvio
B_{ad}	Largura total das adufas, em m

O preço unitário de **escavação em rocha** é de R\$ 21,00/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da barragem, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (Conta .12.17.26.13)

A área de limpeza da fundação por metro de barragem na seção *i*, A_{ffi} (m²/m), é dada pela expressão:

$$A_{ffi} = m_j \times H_{bai}$$

onde:

m_j	Inclinação do talude de jusante, distância horizontal para um desnível de 1,0 m, em m
H_{bai}	Altura da barragem na seção <i>i</i> , em m

O comprimento dos furos de injeção de cimento por metro de barragem na seção *i*, L_{tffi} (m/m), é dado pela expressão:

$$L_{tffi} = \frac{1}{3,0} \times (H_{bai} - H_{bl})$$

onde:

H_{bai}	Altura da barragem na seção <i>i</i> , em m
H_{bl}	3,0m – altura de borda livre da barragem

Os preços unitários dos serviços correspondentes a **limpeza e tratamento de fundação** – expressos em reais, referidos a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste –, incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Concreto de regularização (dental): 113,00/m³
- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/m²
- Furo roto-percussivo: 168,00/m
- Injeção com calda de cimento: 72,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (Conta .12.17.26.14)

O volume de concreto por metro de barragem na seção *i*, V_{cbi} (m³/m), é dado pela expressão:

$$V_{cbi} = V_{cdi} + V_{cpi} + V_{cci} + V_{cti} + V_{cri}$$

sendo:

$$V_{cdi} = m_j \times H_{bai} \times 0,5$$

$$V_{cpi} = H_{bai} \times 0,0794 \times \sqrt{H_{bai} - H_{bl}} \geq 0$$

$$V_{cci} = 8,0$$

$$V_{cti} = 2,5$$

$$V_{cri} = \frac{m_j}{2} \times H_{bai}^2 - \left(0,5 \times m_j + 0,0794 \times \sqrt{H_{bai} - H_{bl}}\right) \times H_{bai} + \frac{32}{m_j} + 1,13 \times m_j - 14,7$$

onde:

V_{cdi}	Volume de concreto de regularização, em m ³ /m
V_{cpi}	Volume de concreto do paramento, em m ³ /m
V_{cci}	Volume de concreto do coroamento, em m ³ /m
V_{cti}	Volume de concreto do parapeito, em m ³ /m
V_{cri}	Volume de concreto compactado com rolo, em m ³ /m
m_j	Inclinação do talude de jusante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m
H_{bl}	Altura de borda livre da barragem, em m
H_{bai}	Altura da barragem na seção i, em m

No caso de as adufas estarem localizadas no corpo da barragem, dever-se-á considerar o **acréscimo de volume de concreto devido a adufas**, V_{cad} (m³), dado pela expressão:

$$V_{cad} = V_{cac} + V_{cpl} - V_{cae} + V_{cat} - V_{adu}$$

sendo:

$$V_{cac} = (0,24 \times H_{ad} + 15) \times B_{ad}$$

$$V_{cpl} = (0,16 \times H_{ad}^2 + 2,7 \times H_{ad} + 8) \times (N_{ad} + 1) \times e_{pa}$$

$$V_{cae} = (0,38 \times H_{ad} + 0,2) \times H_{ad} \times N_{ad} \times B_{1ad}$$

$$V_{cat} = \frac{\left[NA_{max} - \left(EL_{ca} + \frac{H_{ad}}{2} \right) \right] \times B_{1ad} \times H_{ad}}{(2 \times H_{ad} + B_{1ad}) \times 6} \times H_{ad} \times N_{ad} \times B_{1ad}$$

$$V_{adu} = N_{ad} \times H_{ad} \times B_{1ad} \times m_j \times \left(H_{ba} - \frac{H_{ad}}{2} \right)$$

onde:

V_{cac}	Volume de concreto de parte da soleira das adufas, em m ³
V_{cpl}	Volume de concreto dos pilares das adufas a montante do paramento da barragem, em m ³
V_{cae}	Volume de concreto das entradas das adufas, em m ³
V_{cat}	Volume de concreto de tamponamento das adufas, em m ³
V_{adu}	Volume do espaço vazio das adufas (antes do tamponamento), em m ³
H_{ad}	Altura das adufas, em m
B_{ad}	Largura total das adufas, em m
e_{pa}	Espessura dos pilares das adufas, em m
N_{ad}	Número de adufas
B_{1ad}	Largura de uma adufa, em m

Ainda no caso do desvio ser feito pela barragem, o **volume de concreto com taxas de cimento e armadura maiores** que as da barragem, V_{cen} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{cen} = V_{cet} + V_{ces} + V_{cep}$$

onde:

$$V_{cet} = m_j \times (H_{ba} - H_{ad} - 1,5) \times 0,25 \times H_{ad} \times B_{ad}$$

$$V_{ces} = 1,5 \times m_j \times H_{ba} \times B_{ad}$$

$$V_{cep} = m_j \times \left(H_{ba} - \frac{H_{ad}}{2} - 1,5 \right) \times H_{ad} \times (N_{ad} + 1) \times e_{pa} - V_{cae}$$

onde:

V_{cet}	Volume de concreto da laje acima das adufas, em m^3
V_{ces}	Volume de concreto da soleira das adufas, em m^3
V_{cep}	Volume de concreto dos pilares entre as adufas, em m^3
m_j	Inclinação do talude de jusante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m
H_{ba}	Altura da barragem na área das adufas, em m
H_{ad}	Altura das adufas, em m
B_{ad}	Largura total das adufas, em m
e_{pa}	Espessura dos pilares das adufas, em m
N_{ad}	Número de adufas
V_{cae}	Volume de concreto das entradas das adufas, em m^3

O volume de **concreto convencional que substitui o compactado com rolo** da barragem, V_{ccs} (m^3), é dado pela expressão:

$$V_{ccs} = m_j \times \left(H_{ba} \times d_6 - \frac{d_6^2}{2} - \frac{H_{ba}}{2} \right) \times B_{ad} - V_{cae}$$

sendo:

$$d_6 = 1,25 \times H_{ad} + 1,5$$

onde:

m_j	Inclinação do talude de jusante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m
H_{ba}	Altura da barragem na área das adufas, em m
B_{ad}	Largura total das adufas, em m
V_{cae}	Volume de concreto das entradas das adufas a ser descontado da barragem, em m^3
H_{ad}	Altura das adufas, em m
d_6	Dimensão auxiliar, em m

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m^3)	Armadura (kg/m^3)
Parapeito	300	70
Paramento	250	
Coroamento	250	50
Regularização	200	
Compactado com rolo	100	
Soleira e entrada das adufas	280	60
Tamponamento	220	20

O preço unitário do **cimento** é de R\$ 348,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao

preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da **armadura** é de R\$ 4.327,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do **concreto sem cimento** expressos em reais por metro cúbico do volume da barragem, referidos a dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Parapeito: 474,00/m³
- Paramento: 234,00/m³
- Coroamento: 113,00/m³
- Regularização: 113,00/m³
- Compactado com rolo: 71,00/m³
- Soleira e entrada das adufas: 174,00/m³
- Pilares das adufas: 174,00/m³
- Tamponamento: 128,00/m³

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Outros Custos (Conta .12.17.26.17)

A parcela de custo relativa a outros serviços deverá ser estimada adotando-se um percentual de 2% do custo total da estrutura correspondente.

TRANSIÇÕES E MUROS DE CONCRETO (Conta .12.17.27)

Muro de Arrimo

Os **dados básicos utilizados no dimensionamento** são:

- Informações topográficas.
- Informações geológicas.
- Cota média do terreno na área do muro, El_{tc} .
- Espessura média da camada de solo na área do muro, e_{tc} , em m.
- Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.4.
- Altura de borda livre da barragem, H_{bl} , em m, do item 5.7.4.
- Inclinação do talude de montante, m_m , em m, e de jusante, m_j , em m, distância horizontal para um desnível de 1,0 m, do item 5.7.4.

Considerações e Recomendações

Este texto refere-se a um muro de arrimo com seção típica apresentada na Figura 5.7.4.07.

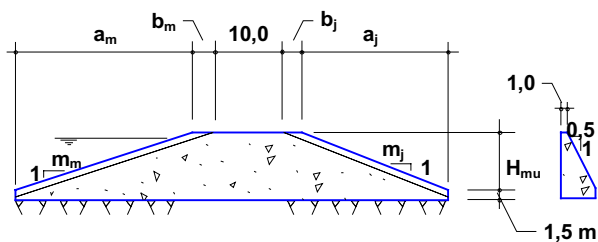


Figura 5.7.4.07 – Seção típica de muro de arrimo.

Muros de arrimo são recomendados somente para **alturas** inferiores a 11m. A partir dessa altura é preferível o uso do muro de abraço.

Altura do Muro

A **altura do muro**, H_{mu} (m), é dada pela expressão:

$$H_{mu} = NA_{max} + H_{bl} - (El_{te} - e_{te})$$

onde:

NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório
H_{bl}	Altura de borda livre da barragem, em m
El_{te}	Cota média do terreno na área do muro
e_{te}	Espessura média da camada de solo na área do muro, em m

Escavação Comum (Conta .12.17.27.12.10)

O **volume de escavação comum**, V_{tmu} (m³), está considerado na barragem, exceto para a de terra, onde é dado pela expressão:

$$V_{tmu} = (1,375 \times H_{mu}^2 + 13,25 \times H_{mu} + 15,5) \times e_{te}$$

onde:

H_{mu}	Altura do muro, em m
e_{te}	Espessura média da camada de solo na área do muro, em m

O preço unitário de **escavação comum** é de R\$ 7,60/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do muro, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; e
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (Conta .12.17.27.12.11)

O **volume de escavação em rocha**, V_{rmu} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{rmu} = 0,375 \times m \times H_{mu}^2 + (2,25 \times m + 7,5) \times H_{mu} + 1,5 \times m + 15$$

sendo: $m = m_m + m_j$

onde:

m	Variável auxiliar
m_m	Inclinação do talude de montante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m
m_j	Inclinação do talude de jusante, em m
H_{mu}	Altura do muro, em m

O preço unitário de **escavação em rocha** é de R\$ 21,00/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do muro, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; e
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (Conta .12.17.27.13)

A **área de limpeza da fundação**, A_{if} (m²), está considerada na barragem, exceto para a de terra, onde é dada pela expressão:

$$A_{if} = 0,25 \times m \times H_{mu}^2 + (1,5 \times m + 5) \times H_{mu} + m + 10$$

sendo: $m = m_m + m_j$

onde:

m	Variável auxiliar
m_m	Inclinação do talude de montante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m
m_j	Inclinação do talude de jusante, em m
H_{mu}	Altura do muro, em m

O **tratamento de fundação**, L_{tf} (m), está considerado na barragem.

O preço unitário de **limpeza de fundação** é de R\$ 39,70/m², referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro quadrado medido na linha de projeto, inclui a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos e dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (Conta .12.17.27.14)

O **volume de concreto do muro de arrimo**, V_{cmu} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{cmu} = m \times \frac{H_{mu}^3}{12} + (0,875 \times m + 2,5) \times H_{mu}^2 + (1,5 \times m + 12,5) \times H_{mu} + 15$$

sendo: $m = m_m + m_j$

onde:

m	Variável auxiliar
m_m	Inclinação do talude de montante, distância horizontal para um desnível de 1,0m, em m
m_j	Inclinação do talude de jusante, em m
H_{mu}	Altura do muro, em m

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m ³)	Armadura (kg/m ³)
C Estrutural	280	50

O preço unitário do **cimento** é de R\$ 348,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da **armadura** é de R\$ 4.327,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

O preço unitário do **concreto sem cimento** é de R\$ 113,00/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico do volume do muro e inclui todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto.

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressivas, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobilização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço unitário do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Muro de Abraço

Os dados básicos utilizados no dimensionamento são:

- Informações topográficas.
- Informações geológicas.
- Cota média do terreno na área do muro, El_{tc} .
- Espessura média da camada de solo na área do muro, e_{te} em m.
- Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.6.
- Altura de borda livre da barragem, H_{bl} em m, do item 5.7.4.
- inclinação do talude de montante, m_m em m, e de jusante, m_j em m, distância horizontal para um desnível de 1,0 m, do item 5.7.4.

Considerações e Recomendações

Este texto refere-se a um muro de abraço com seção típica apresentada na Figura 5.7.4.08.

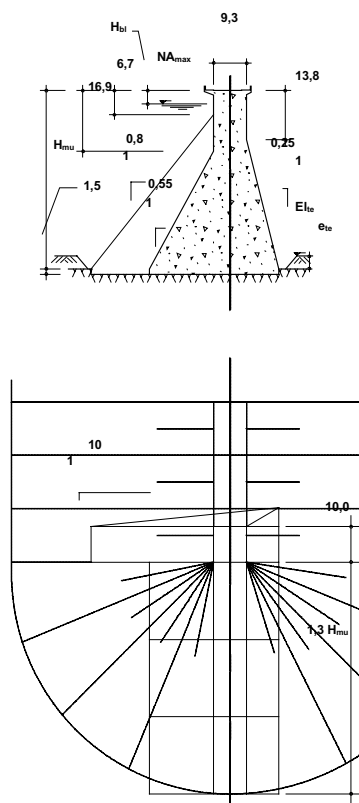


Figura 5.7.4.08 – Seção típica de muro de abraço.

Muros de abraço são recomendados para alturas iguais ou superiores a 11m. Abaixo dessa altura é preferível o uso do muro de arrimo. No entanto, para encontros com tomadas d'água, recomenda-se o emprego de muros de abraço independente da altura da seção de transição.

Altura do muro

A altura do muro, H_{mu} (m), é dada pela expressão:

$$H_{mu} = NA_{max} + H_{bli} - (E_{te} - e_{te})$$

onde:

NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório
H_{bli}	Altura de borda livre da barragem, em m
E_{te}	Cota média do terreno na área do muro, em m
e_{te}	Espessura média da camada de solo na área do muro, em m

Escavação Comum (Conta .12.17.27.12.10)

O volume de escavação comum, V_{tmu} (m³), está considerado na barragem, exceto para a de terra, onde é dado pela expressão:

$$V_{tmu} = (1,1 \times H_{mu}^2 + 6,1 \times H_{mu} + 5) \times e_{te}$$

onde:

H_{mu}	Altura do muro, em m
e_{te}	Espessura média da camada de solo na área do muro, em m

O preço unitário de **escavação comum** é de R\$ 7,60/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do muro, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descar-

ga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; e
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (Conta .12.17.27.12.11)

O volume de escavação em rocha, V_{rmu} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{rmu} = (1,1 \times H_{mu}^2 + 6,1 \times H_{mu} + 5) \times 1,5$$

onde:

H_{mu}	Altura do muro, em m
----------	----------------------

O preço unitário de escavação em rocha é de R\$ 21,00/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do muro, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; e
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (Conta .12.17.27.13)

A área de limpeza da fundação, A_{lf} (m²), está considerada na barragem, exceto para a de terra, onde é dada pela expressão:

$$A_{lf} = 1,1 \times H_{mu}^2 + 6,1 \times H_{mu} + 5$$

onde:

H_{mu}	Altura do muro, em m
----------	----------------------

O tratamento de fundação, L_{lf} (m), está considerado na barragem.

O preço unitário de limpeza de fundação é de R\$ 39,70/m², referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro quadrado medido na linha de projeto, inclui a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos e dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (Conta .12.17.27.14)

O volume de concreto do muro de abraço, V_{cmu} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{\text{cmu}} = 0,53837 \times H_{\text{mu}}^3 + 2,1778 \times H_{\text{mu}}^2 + 146,8 \times H_{\text{mu}} + 425$$

onde:

H_{mu} Altura do muro, em m

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m ³)	Armadura (kg/m ³)
C Estrutural	210	5

O preço unitário do **cimento** é de R\$ 348,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da **armadura** é de R\$ 4.327,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

O preço unitário do **concreto sem cimento** é de R\$ 113,00/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico do volume do muro e inclui todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

5.7.5 Vertedouros

VERTEDOUROS DE SUPERFÍCIE DO TIPO OGIVA ALTA CONTROLADOS POR COMPORTA (CONTA .12.18.28)

Dados Básicos

As principais **informações utilizadas para dimensionamento** vêm do arranjo geral e do item 5.1.2. (Dados Hidrometeorológicos) e são as seguintes:

- Coeficiente para determinação da altura inicial das comportas, k_v .
- Altura das comportas, H_{cp} em m.
- Vazão de projeto do vertedouro, Q_v em m³/s, do item 5.1.2..
- Vazão da cheia centenária, Q_c em m³/s, do item 5.1.2..
- Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.6..
- Cota do fundo do canal de aproximação às adufas, El_{ca} , do item 5.7.3., se for o caso.
- Cota do fundo do canal de aproximação ao vertedouro, fora das adufas, El_{cv} .
- Nível d'água máximo no canal de restituição, NA_{xcr} , do item 5.1.2.
- Nível d'água no canal de restituição para cheia centenária, NA_{ccr} , do item 5.1.2.;
- Cota do fundo do canal de restituição, El_{cr} .
- Altura das adufas de desvio, H_{ad} em m, do item 5.7.3., se for o caso.

As informações utilizadas para quantificação são as seguintes:

- Cota média do terreno na área do vertedouro propriamente dito, incluindo o dissipador de energia, El_{te} , em m.
- Cota média do terreno na área da bacia de dissipação ou salto de esqui, exclusivamente, El_{tde} , em m.
- Espessura média da camada de solo na área do vertedouro propriamente dito, e_{te} , em m.
- Cota média do terreno na seção $i = 0, 1$ e 2 da Figura 5.7.5.05 – transversal ao eixo longitudinal do canal de aproximação, El_{tai} , em m.
- Cota média do terreno na seção $i = 0, 1$ e 2 – transversal ao eixo longitudinal do canal de restituição, El_{tri} , em m.
- Comprimento médio do canal de aproximação na parte sem adufas, L_{ca} , em m.
- Comprimento médio do canal de aproximação na parte com adufas, L_{cad} , em m, quando for o caso.
- Comprimento médio do canal de restituição, L_{cr} , em m.
- Espessura do revestimento de concreto da soleira da bacia de dissipação, e_c , em m, quando for o caso.
- Largura de uma adufa, B_{lad} , em m, do item 5.7.3., quando for o caso.
- Largura total das adufas, B_{ad} , em m, do item 5.7.3., quando for o caso.
- Número de adufas, N_{ad} , do item 5.7.3., quando for o caso.

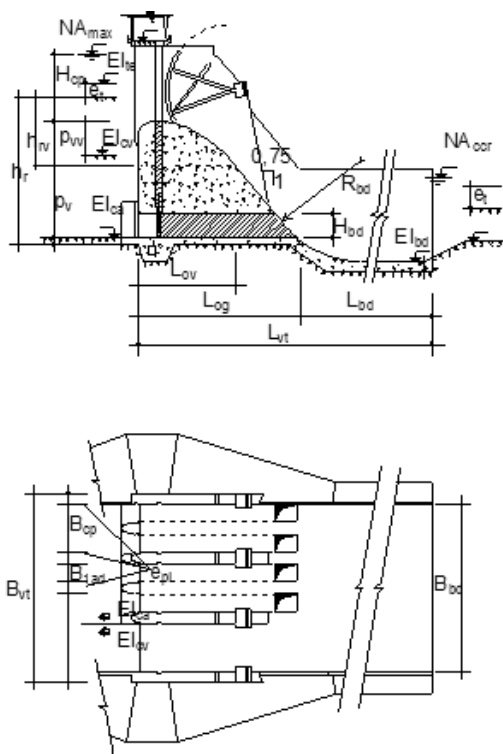


Figura 5.7.5.01 – Seção típica e planta de vertedouro de superfície do tipo ogiva alta controlado por comportas, com bacia de dissipação.

Considerações e Recomendações

Este texto refere-se a um vertedouro com seção típica apresentada na Figura 5.7.5.01 ou 5.7.5.02.

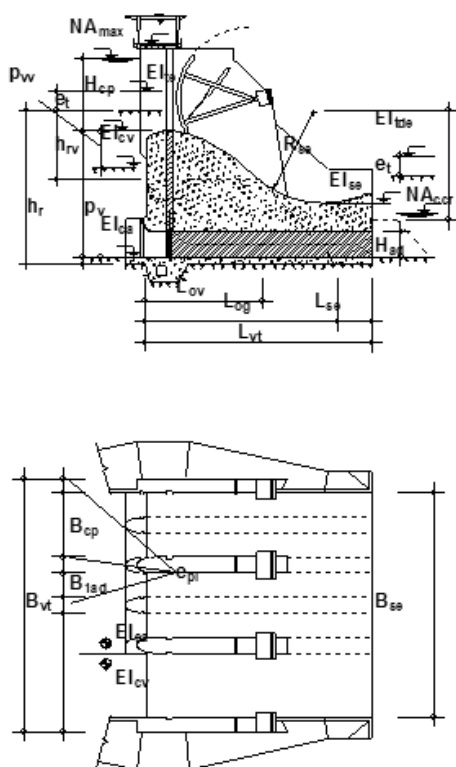


Figura 5.7.5.02 – Seção típica e planta de vertedouro com comportas do tipo ogiva alta, com salto de esquí.

Uma primeira aproximação para a seleção da **altura das comportas**, H_{cp} (m), é dada pela expressão (COPEL, 1996):

$$H_{cp} = k_v \times Q_v^{0,4} \leq 21,0 \text{ m}$$

sendo:

k_v	Para vertedouros com
0,6	Duas comportas
0,5	Três comportas
0,4	Cinco comportas
0,3	Dez comportas

onde:

k_v	Coefficiente para determinação da altura inicial das comportas
Q_v	Vazão de projeto do vertedouro, em m^3/s

Pode-se adotar valores de k_v intermediários. Em vertedouros com ogiva sabidamente afogada, esse coeficiente pode ser aumentado.

Quando o vertedouro não fica inteiramente no leito do rio é comum as **cotas da fundação** nas duas extremidades da estrutura serem diferentes, devendo-se adotar para cota do fundo do canal de aproximação ao vertedouro, fora das adufas, neste caso, uma cota média.

Em **vertedouros sem adufas** dever-se-á adotar:

$$El_{ca} = El_{cv}$$

onde:

El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação às adufas, em m
El_{cv}	Cota do fundo do canal de aproximação ao vertedouro, fora das adufas, em m

A espessura da **camada de solo** no leito do rio poderá ser diferente da espessura nas ombreiras, sendo muitas vezes nula.

No **dimensionamento da bacia de dissipação**, recomenda-se que o número de Froude antes do ressalto hidráulico fique entre 4,5 e 9,0, para assegurar um ressalto estável. Para aumentar o número de Froude para 4,5, pode-se, por exemplo, diminuir a cota do fundo da bacia de dissipação além do resultado pelo cálculo. Para diminuir o número de Froude para 9,0, pode-se, por exemplo, estreitar a largura da bacia de dissipação.

Para **espessura do revestimento de concreto do fundo da bacia de dissipação**, na ausência de melhores informações, recomenda-se adotar 1,0m.

Coefficiente de Descarga

O **coeficiente de descarga inicial**, C'_d , para o perfil típico recomendado, é obtido no Gráfico 5.7.5.01 (BuRec, 1977) ou pelas expressões equivalentes:

para: $z \leq 0,475$: $C'_d = 2,535 \times z^3 - 3,61 \times z^2 + 1,96 \times z + 1,702$

para: $0,475 < z \leq 1,2$: $C'_d = 0,145 \times z^3 - 0,475 \times z^2 + 0,559 \times z + 1,916$

para: $1,2 < z \leq 3,0$: $C'_d = -0,0072 \times z^2 + 0,0442 \times z + 2,112$

para: $z > 3,0$: $C'_d = 2,18$

sendo:

$$z = \frac{0,7 \times p_v + 0,3 \times p_{vv}}{H_{cp}}$$

$$p_v = NA_{max} - H_{cp} - El_{ca}$$

$$p_{vv} = NA_{max} - H_{cp} - El_{cv}$$

onde:

z	Parâmetro adimensional
p_v	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação às adufas, em m
p_{vv}	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação ao vertedouro, fora das adufas, em m
H_{cp}	Altura das comportas, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação às adufas, em m
El_{cv}	Cota do fundo do canal de aproximação ao vertedouro, fora das adufas, em m

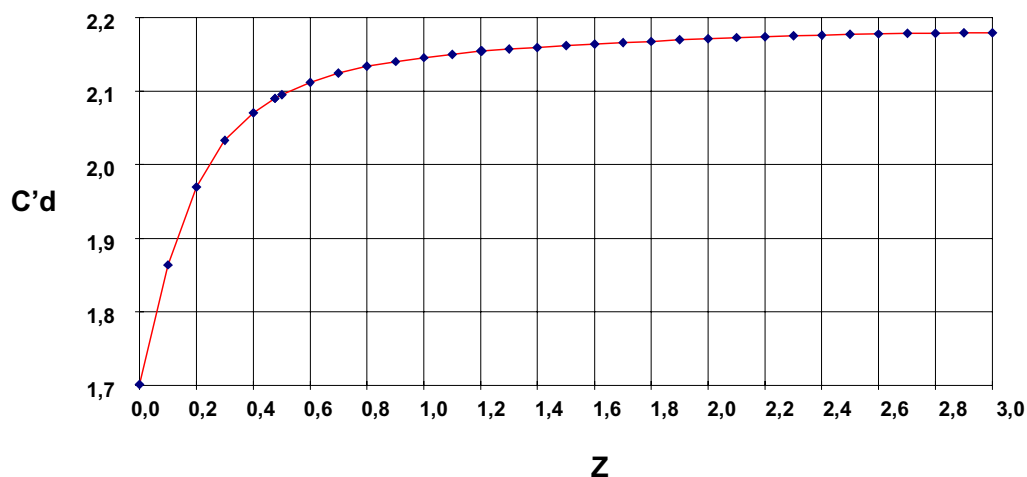


Gráfico 5.7.5.01 - Coeficiente de descarga inicial.

O coeficiente de redução do coeficiente de descarga por afogamento a jusante, k_c , é obtido no Gráfico 5.7.5.02 (Bureau of Reclamation, 1977) ou pelas expressões equivalentes:

para: $-4 \times u + 7 \times w + 2,6 \geq 0$ (faixa I):

$$k_c = -0,952 \times \left(\frac{1}{u}\right)^2 + 0,956 \times \left(\frac{1}{u}\right) + 0,767 \leq 1$$

para: $u < 3,6$ e $-4 \times u + 7 \times w + 2,6 < 0$ (faixa II):

$$k_c = 1,058 - \frac{4 \times (u + 5)}{860 \times w} \leq 1$$

para: $u \geq 3,6$ (faixa III):

$$k_c = 1,058 - \frac{4}{100 \times w} \leq 1$$

sendo:

$$u = \frac{NA_{\max} - El_{cr}}{H_{cp}}$$

$$w = \frac{NA_{\max} - NA_{xcr}}{H_{cp}}$$

onde:

u, w	Parâmetros adimensionais
NA_{\max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
El_{cr}	Cota do fundo do canal de restituição; , em m
H_{cp}	Altura das comportas, em m
NA_{xcr}	Nível d'água máximo no canal de restituição, em m

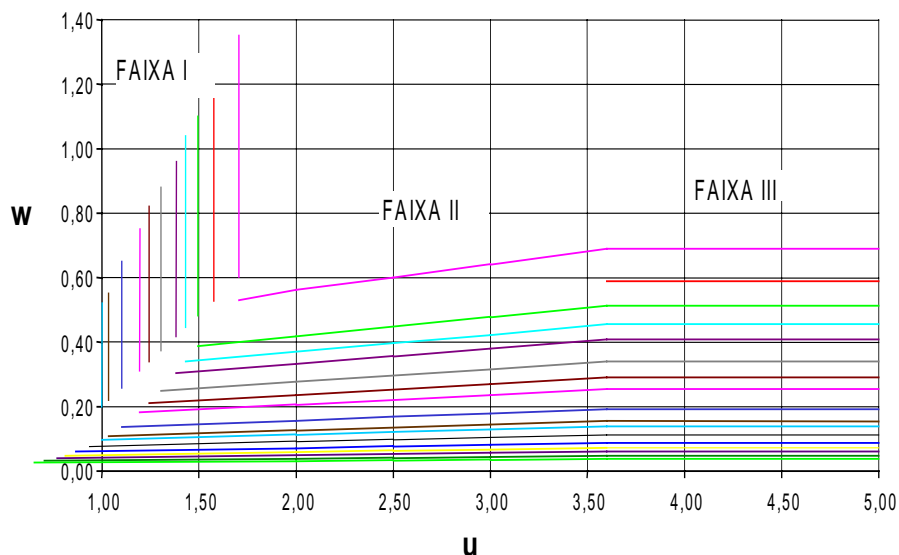


Gráfico 5.7.5.02 – Coeficiente de redução do coeficiente de descarga por afogamento a jusante.

O coeficiente de descarga corrigido, C_d , é dado pela expressão:

$$C_d = k_c \times C'_d$$

onde:

k_c	Coefficiente de redução do coeficiente de descarga
C'_d	Coefficiente de descarga inicial

Dimensões das Comportas e do Vertedouro

A largura útil dos vãos, B_{uvt} (m), é dada pela expressão:

$$B_{uvt} = \frac{Q_v}{C_d \times H_{cp}^{3/2}}$$

onde:

Q_v	Vazão de projeto do vertedouro, em m^3/s
C_d	Coefficiente de descarga
H_{cp}	Altura das comportas, em m

A largura real dos vãos, B_{rvt} (m), é dada pela expressão:

$$B_{rvt} = B_{uvt} + 0,2 \times H_{cp}$$

onde:

B_{uvt}	Largura útil dos vãos, em m
0,2	Coefficiente de contração nos pilares extremos
H_{cp}	Altura das comportas, em m

O número de comportas, N_{cp} , é dado pela expressão:

$$N_{cp} = \text{int} \left(\frac{B_{rvt}}{H_{cp}} + 0,999 \right)$$

onde:

B_{rvt}	Largura real dos vãos, em m
H_{cp}	Altura das comportas, em m
$\text{int}(x)$	Função que retorna com o inteiro de x

A **largura das comportas**, B_{cp} (m), é dada pela expressão:

$$B_{cp} = 0,05 \times \text{int} \left(\frac{1}{0,05} \times \frac{B_{rvt}}{N_{cp}} + 0,5 \right)$$

onde:

B_{rvt}	Largura real dos vãos, em m
N_{cp}	Número de comportas

A **espessura dos pilares**, e_{pl} (m), é dada pela expressão:

$$e_{pl} = 0,12 \times H_{cp} + 2,4$$

onde:

H_{cp}	Altura das comportas, em m
----------	----------------------------

A **largura total do vertedouro**, B_{vt} (m), no sentido transversal ao escoamento, é dada pela expressão:

$$B_{vt} = (N_{cp} + 1) \times e_{pl} + N_{cp} \times B_{cp}$$

onde:

N_{cp}	Número de comportas
e_{pl}	Espessura dos pilares, em m
B_{cp}	Largura das comportas, em m

O **comprimento da ogiva** no sentido do escoamento é dado pela expressão:

L_{ov} (m), para a parte sem adufa:

$$L_{ov} = 1,46 \times H_{cp}^{0,46} \times (p_{vv} + 1,5)^{0,54} + 0,27 \times H_{cp}$$

ou L_{og} (m), para a parte com adufa:

$$L_{og} = 1,46 \times H_{cp}^{0,46} \times (p_v + 1,5)^{0,54} + 0,27 \times H_{cp}$$

onde:

H_{cp}	Altura das comportas, em m
p_v	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação às adufas, em m
p_{vv}	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação ao vertedouro, fora das adufas, em m

O **comprimento total** do vertedouro, L_{vt} (m), é dado por uma das expressões:

Para vertedouros com bacia de dissipação e com adufa: $L_{vt} = L_{og} + L_{bd}$

Para vertedouros com bacia de dissipação e sem adufa: $L_{vt} = L_{ov} + L_{bd}$

Para vertedouros com salto de esqui e com adufa: $L_{vt} = L_{og} + L_{se}$

Para vertedouros com salto de esqui e sem adufa: $L_{vt} = L_{ov} + L_{se}$

onde:

L_{og}	Comprimento da ogiva com adufa, em m
L_{ov}	Comprimento da ogiva sem adufa, em m
L_{bd}	Comprimento da bacia de dissipação, definido adiante, em m
L_{sc}	Comprimento do salto de esqui na fundação, definido adiante, em m

Bacia de Dissipação

A largura da bacia de dissipação, B_{bd} (m), é dada pela expressão: $B_{bd} = (N_{cp} - 1) \times e_{pl} + N_{cp} \times B_{cp}$

onde:

N_{cp}	Número de comportas
B_{cp}	Largura das comportas, em m
e_{pl}	Espessura dos pilares, em m

A determinação da **profundidade da bacia de dissipação** é iterativa e baseada no número de Froude antes do ressalto hidráulico, na seção 1 da Figura 5.7.5.03, para a vazão de cheia centenária.

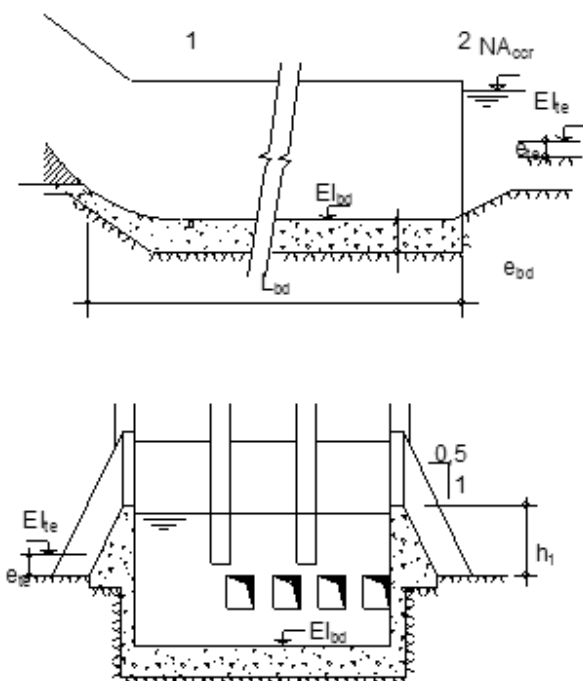


Figura 5.7.5.03 – Seção típica de bacia de dissipação.

Arbitra-se, inicialmente, uma cota para o fundo da bacia de dissipação e verifica-se a adequação do valor arbitrado, calculando a **velocidade**, v_1 (m/s), a **profundidade do escoamento**, y_1 (m), e o **número de Froude**, Fr_1 , antes do ressalto hidráulico, a **profundidade do escoamento** após o ressalto, y_2 (m), e finalmente a **cota do fundo da bacia**.

Caso a cota do fundo da bacia de dissipação difira daquela arbitrada inicialmente, os cálculos deverão ser refeitos até se atingir a precisão desejada.

$$v_1 = \sqrt{k \times 2 \times g \times (NA_{max} - El_{bd})}$$

$$y_1 = \frac{Q_c}{B_{bd} \times v_1}$$

$$Fr_1 = \frac{v_1}{\sqrt{g \times y_1}}$$

$$y_2 = \left(\frac{y_1}{2}\right) \times \left(\sqrt{1 + 8 \times Fr_1^2} - 1\right)$$

$$El_{bd} = NA_{ocr} - y_2$$

onde:

v_1	Velocidade média do escoamento antes do ressalto hidráulico, em m/s
k	0,9 – coeficiente redutor da altura de energia
g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
NA_{\max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
El_{bd}	Cota do fundo da bacia de dissipação, em m
y_1	Profundidade do escoamento antes do ressalto hidráulico, em m
Q_c	Vazão de cheia centenária, em m ³ /s
B_{bd}	Largura da bacia de dissipação, em m
Fr_1	Número de Froude antes do ressalto hidráulico
y_2	Profundidade do escoamento após o ressalto hidráulico, em m
NA_{ccr}	Nível d'água no canal de restituição para cheia centenária, em m

O raio de curvatura na entrada da bacia de dissipação, R_{bd} (m), é dado pela expressão:

$$R_{bd} = 6 \times y_1 \text{ (Peterka)}$$

onde:

y_1	Profundidade do escoamento antes do ressalto hidráulico, em m
-------	---

O comprimento da bacia de dissipação, L_{bd} (m), é dado pela expressão:

$$L_{bd} = 6 \times y_2 + 0,75 \times (El_{ca} - El_{bd}) + 0,5 \times R_{bd} - 1,1$$

onde:

y_2	Profundidade do escoamento após o ressalto hidráulico, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
El_{bd}	Cota do fundo da bacia de dissipação, em m
R_{bd}	Raio de curvatura na entrada da bacia de dissipação, em m

Salto de Esqui

A largura do salto de esqui, B_{se} (m), é dada pela expressão:

$$B_{se} = (N_{cp} - 1) \times e_{pl} + N_{cp} \times B_{cp}$$

onde:

N_{cp}	Número de comportas
B_{cp}	Largura das comportas, em m
e_{pl}	Espessura dos pilares, em m

A cota da soleira do salto de esqui, El_{se} , é dada pela expressão:

$$El_{se} = NA_{ccr} + 1,0 \geq El_{cr}$$

onde:

NA_{ccr}	Nível d'água no canal de restituição para cheia centenária, em m
El_{cr}	Cota do fundo do canal de restituição, em m

No caso de as adufas estarem localizadas no corpo do vertedouro, a cota da soleira do salto de esqui, El_{se} , deverá estar numa cota acima do teto das adufas de desvio, como mostra a Figura 5.7.5.04:

$$El_{se} \geq El_{ca} + 1,25 \times H_{ad}$$

onde:

E_{lca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
H_{ad}	Altura das adufas de desvio, em m

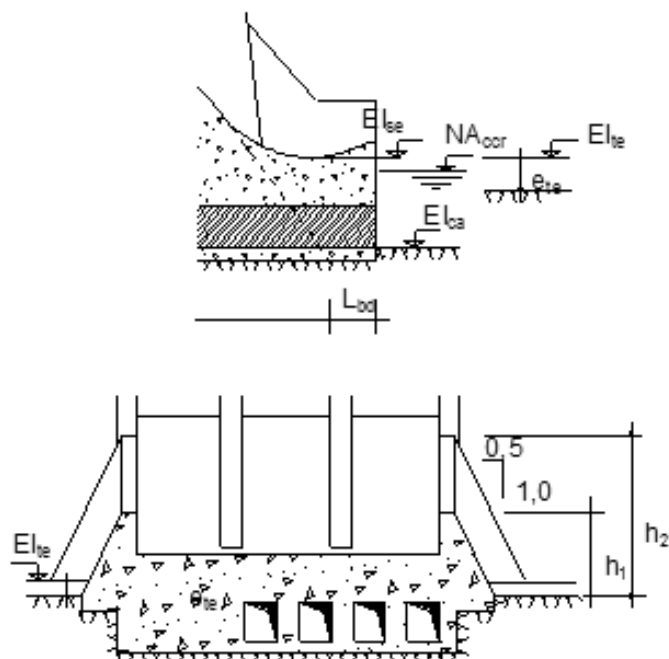


Figura 5.7.5.04 – Seção típica de dissipação tipo salto de esqui.

O raio de curvatura do salto de esqui, R_{sc} (m), é dado pela expressão:

$$R_{se} = 6 \times y$$

sendo:

$$y = \frac{Q_c}{B_{se} \times v}$$

$$v = \sqrt{k \times 2 \times g \times (NA_{max} - El_{se})}$$

onde:

y	Profundidade da lâmina de água no salto de esqui, em m
Q_c	Vazão de cheia centenária, em m^3/s
B_{se}	Largura do salto de esqui, em m
v	Velocidade da lâmina de água no salto de esqui, em m/s
k	0,9 – coeficiente redutor da altura de energia
g	9,81 m/s^2 – aceleração da gravidade
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
El_{sc}	Cota da soleira do salto de esqui, em m

O comprimento do salto de esqui na fundação, L_{sc} (m), é dado pela expressão:

$$L_{se} = d_{16} + 1,286 \times R_{se} - d_{12} \geq 0$$

sendo:

$$d_{16} = 1,46 \times H_{cp}^{0,46} \times (p_v - h_5)^{0,54} \quad d_{12} = 1,46 \times H_{cp}^{0,46} \times (p_v + 1,5)^{0,54}$$

$$h_5 = El_{se} + 0,6 \times R_{se} - El_{cr}$$

onde:

R_{sc}	Raio de curvatura do salto de esqui, em m
H_{cp}	Altura das comportas, em m
p_v	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação às adufas, em m
El_{sc}	Cota da soleira do salto de esqui, em m
El_{cr}	Cota do fundo do canal de restituição, em m
d_i	Distâncias auxiliares, em m

Escavação Comum (Conta .12.19.28.12.10)

O volume de escavação comum no vertedouro, V_{vt} (m^3), é dado pela expressão:

$$V_{vt} = V_{tca} + V_{tes} + V_{tcr}$$

sendo:

$$V_{tca} = \left(\frac{V_{ta0}}{2} + V_{ta1} + V_{ta2} \right) \times \frac{L_{ca}}{3} + V_{tad}$$

$$V_{tes} = L_{vt} \times e_{te} \times B_{vt}$$

$$V_{tcr} = \left(\frac{V_{tr0}}{2} + V_{tr1} + V_{tr2} \right) \times \frac{L_{cr}}{3}$$

$$V_{tai} = [B_{ca} - 6 + 2 \times (0,6 \times h_{rai} + e_{te})] \times e_{te}$$

$$h_{rai} = El_{tai} - El_{cv} - e_{te}, \quad i = 0, 1, 2$$

$$B_{ca} = B_{vt} - 2 \times (e_{pl} - 1,0)$$

$$V_{tad} = (L_{cad} - L_{ca}) \times e_{te} \times (B_{ad} - e_{pl})$$

$$V_{tri} = [B_{cr} - 6 + 2 \times (0,6 \times h_{rri} + e_{te})] \times e_{te}$$

$$h_{rri} = El_{tri} - El_{cr} - e_{te}, \quad i = 0, 1, 2$$

Para bacia de dissipação: $B_{cr} = B_{bd} + 2 \times 1,0$

Para salto de esqui: $B_{cr} = B_{se} + 2 \times 1,0$

onde:

V_{tca}	Volume de escavação comum no canal de aproximação, em m^3
V_{tes}	Volume de escavação comum na estrutura, em m^3
V_{tcr}	Volume de escavação comum no canal de restituição, em m^3
V_{tai}	Volume de escavação comum por metro na seção i do canal de aproximação, em m^3/m
L_{ca}	Comprimento médio do canal de aproximação na parte sem adufas, em m
V_{tad}	Volume adicional de escavação comum no canal de aproximação devido às adufas, em m^3
B_{vt}	Largura total do vertedouro, em m
e_{te}	Espessura média da camada de solo na área do vertedouro propriamente dito, em m
L_{vt}	Comprimento total do vertedouro, em m
V_{tri}	Volume de escavação comum por metro na seção i do canal de restituição, em m^3/m
L_{cr}	Comprimento médio do canal de restituição, em m

B_{ca}	Largura do fundo do canal de aproximação, em m
h_{rai}	Profundidade média de escavação em rocha na seção i do canal de aproximação, em m
El_{tai}	Cota média do terreno na seção i do canal de aproximação
El_{cv}	Cota do fundo do canal de aproximação ao vertedouro, fora das adufas, em m
e_{pl}	Espessura dos pilares, em m
L_{cad}	Comprimento médio do canal de aproximação na parte com adufas, em m
B_{ad}	Largura total das adufas, em m
B_{cr}	Largura do fundo do canal de restituição, em m
h_{rri}	Profundidade média de escavação em rocha na seção i do canal de restituição, em m
El_{tri}	Cota média do terreno na seção i transversal ao eixo longitudinal do canal de restituição, em m
El_{cr}	Cota do fundo do canal de restituição, em m
B_{bd}	Largura da bacia de dissipação, em m
B_{se}	Largura do salto de esqui, em m

O preço unitário de **escavação comum** é de R\$ 7,60/m³ referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do vertedouro, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (Conta .12.18.28.12.11)

A Figura 5.7.5.05 apresenta cortes típicos mostrando a escavação nos canais de aproximação e restituição.

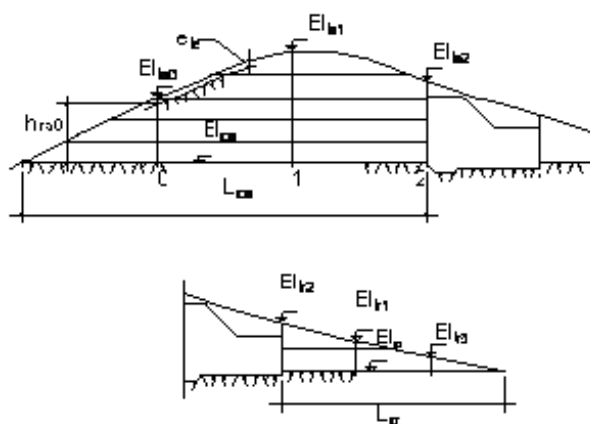


Figura 5.7.5.05 – Escavação no canal de aproximação e de restituição.

O volume de escavação em rocha no vertedouro, V_{rvt} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{rvt} = V_{rca} + V_{rog} + V_{rpj} + V_{rde} + V_{rcr}$$

sendo:

$$V_{rca} = \left(\frac{V_{ra0}}{2} + V_{ra1} + V_{ra2} \right) \times \frac{L_{ca}}{3} + V_{rad}$$

$$V_{rcr} = \left(\frac{V_{rr0}}{2} + V_{rr1} + V_{rr2} \right) \times \frac{L_{cr}}{3}$$

$$V_{rai} = (B_{ca} - 6 + 0,6 \times h_{rai}) \times h_{rai}$$

$$V_{rri} = (B_{cr} - 6 + 0,6 \times h_{rri}) \times h_{rri}$$

$$h_r = El_{te} - e_{te} - (El_{ca} - 1,5)$$

$$h_{rv} = El_{te} - e_{te} - (El_{cv} - 1,5)$$

Para vertedouros sem adufa:

$$V_{rog} = (L_{ov} \times h_{rv} + 23) \times B_{vt}$$

$$V_{rad} = 0$$

e com bacia de dissipação:

$$V_{rpi} = d_1 \times \left(\frac{h_{rv} + h_{rb}}{2} + 0,167 \times H_{cp} \right) \times (B_{bd} + 2,0)$$

e com salto de esqui:

$$V_{rpi} = d_7 \times \left(\frac{h_{rv} + h_{rs}}{2} + 0,167 \times H_{cp} \right) \times (B_{se} + 2,0)$$

$$V_{rde} = d_8 \times h_{rs} \times (B_{se} + 2,0)$$

Para vertedouros com adufa:

$$V_{rog} = (L_{ov} \times h_{rv} + 23) \times (B_{vt} - B_{ad}) + (L_{og} \times h_r + 23) \times B_{ad}$$

$$V_{rad} = \frac{L_{cad} + L_{ca}}{2} \times (El_{cv} - El_{ca}) \times (B_{ad} - e_{pl}) - V_{lad}$$

e com bacia de dissipação:

$$V_{rpi} = d_1 \times \left(\frac{h_{rv} + h_{rb}}{2} + 0,167 \times H_{cp} \right) \times (B_{bd} + 2,0 - B_{ad}) + d_2 \times \left(\frac{h_r + h_{rb}}{2} + 0,167 \times H_{cp} \right) \times B_{ad}$$

$$d_2 = 0,75 \times [El_{ca} - 1,5 - (El_{bd} - e_c)]$$

e com salto de esqui:

$$V_{rpi} = d_7 \times \left(\frac{h_{rv} + h_{rs}}{2} + 0,167 \times H_{cp} \right) \times (B_{se} + 2,0 - B_{ad})$$

$$V_{rsd} = d_8 \times h_{rs} \times (B_{se} + 2,0 - B_{ad}) + L_{se} \times h_r \times B_{ad}$$

Para qualquer vertedouro com bacia de dissipação:

$$V_{rde} = V_{rbd} + V_{rmc} + V_{rbe}$$

$$V_{rbd} = L_{bd} \times h_{rb} \times (B_{bd} + 2,0)$$

$$V_{rmc} = 2 \times (L_{bd} + d_4) \times 0,5 \times h_1 \times 1,5 + 2 \times (d_3 - d_4) \times 0,5 \times \frac{h_1 + h_2}{2} \times 1,5$$

$$V_{rbe} = 2 \times (L_{bd} + d_4) \times 0,3 \times h_{re}^2$$

$$h_{rb} = El_{te} - e_{te} - (El_{bd} - e_c)$$

$$h_1 = NA_{ccr} + 2,0 - (El_{te} - e_{te}) \geq 0$$

$$h_2 = NA_{max} - 0,88 \times H_{cp} - (El_{te} - e_{te}) \geq 0$$

$$d_1 = 0,75 \times [El_{cv} - 1,5 - (El_{bd} - e_c)]$$

$$d_3 = 0,75 \times [NA_{max} - 1,83 \times H_{cp} - (El_{bd} - e_c)]$$

$$d_4 = 0,75 \times (y_2 + 2,0 + e_c - 0,95 \times H_{cp}) \leq d_3$$

$$h_{re} = El_{te} - e_{te} - (NA_{ccr} - 5,0) \geq 0$$

Para qualquer vertedouro com salto de esqui:

$$h_{rs} = El_{te} - e_{te} - (El_{se} - 0,25 \times H_{cp})$$

$$d_7 = 1,46 \times H_{cp}^{0,46} \times \left[(\rho_v - h_4)^{0,54} - (\rho_{vv} + 1,5)^{0,54} \right]$$

$$h_4 = El_{se} - 0,25 \times H_{cp} - El_{ca}$$

$$d_8 = 0,986 \times R_{se} - 0,188 \times H_{cp}$$

onde:

V_{rca}	Volume de escavação em rocha no canal de aproximação, em m ³
V_{rog}	Volume de escavação em rocha na área da ogiva, em m ³
V_{rpi}	Volume de escavação em rocha na área do paramento de jusante da ogiva, em m ³
V_{rde}	Volume de escavação em rocha na área da bacia de dissipação ou do salto de esqui, em m ³
V_{rcr}	Volume de escavação em rocha no canal de restituição, em m ³
V_{rai}	Volume de escavação em rocha por metro na seção i do canal de aproximação, em m ³ /m
L_{cad}	Comprimento médio do canal de aproximação na parte com adufas, em m
V_{rad}	Volume adicional de escavação em rocha no canal de aproximação devido às adufas, em m ³
V_{rri}	Volume de escavação em rocha por metro na seção i do canal de restituição, em m ³ /m
L_{cr}	Comprimento médio do canal de restituição, em m
B_{ca}	Largura do fundo do canal de aproximação, em m
h_{rai}	Profundidade média de escavação em rocha na seção i do canal de aproximação, em m
B_{cr}	Largura do fundo do canal de restituição, em m
h_{rri}	Profundidade média de escavação em rocha na seção i do canal de restituição, em m
h_r	Profundidade média de escavação em rocha na ogiva na parte com adufas, em m
El_{te}	Cota média do terreno na área do vertedouro propriamente dito, em m
e_{te}	Espessura média da camada de solo na área do vertedouro propriamente dito, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação às adufas, em m
h_{rv}	Profundidade média de escavação em rocha na ogiva na parte sem adufas, em m

El_{cv}	Cota do fundo do canal de aproximação ao vertedouro, fora das adufas, em m
L_{ov}	Comprimento da ogiva na parte sem adufas, em m
B_{vt}	Largura total do vertedouro, em m
h_{rb}	Profundidade média de escavação em rocha na bacia de dissipação, em m
H_{cp}	Altura das comportas, em m
B_{bd}	Largura da bacia de dissipação, em m
L_{bd}	Comprimento da bacia de dissipação, em m
h_{rs}	Profundidade média de escavação em rocha no salto de esqui na parte sem adufas, em m
B_{se}	Largura do salto de esqui, em m
B_{ad}	Largura total das adufas, em m
L_{og}	Comprimento da ogiva na parte com adufas, em m
L_{ca}	Comprimento médio do canal de aproximação na parte sem adufas, em m
e_{pl}	Espessura dos pilares, em m
V_{rad}	Volume adicional de escavação comum no canal de aproximação devido às adufas, em m ³
El_{bd}	Cota do fundo da bacia de dissipação, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto da soleira da bacia de dissipação, em m
L_{se}	Comprimento do salto de esqui na fundação, em m
V_{rbd}	Volume de escavação em rocha na área da bacia de dissipação, em m ³
V_{rnc}	Volume de escavação em rocha na área contraforte dos muros da bacia de dissipação ou do salto de esqui, em m ³
V_{rbc}	Volume de escavação em rocha em bermas na área da bacia de dissipação, em m ³
h_{re}	Profundidade média de escavação em rocha em bermas na área da bacia de dissipação, em m
NA_{ccr}	Nível d'água no canal de restituição para cheia centenária, em m
El_{tde}	Cota média do terreno na área da bacia de dissipação ou salto de esqui, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
y_2	Profundidade do escoamento após o ressalto hidráulico, em m
El_{sc}	Cota da soleira do salto de esqui, em m
p_v	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação às adufas, em m
p_{vv}	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação ao vertedouro, fora das adufas, em m
R_{sc}	Raio de curvatura do salto de esqui, em m
d_i, h_i	Dimensões auxiliares, em m

O preço unitário de **escavação em rocha** é de R\$ 21,00/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do vertedouro, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (Conta .12.18.28.13)

A área de limpeza da fundação do vertedouro, A_{lf} (m²), é dada pela expressão:

$$A_{lf} = B_{vt} \times L_{vt}$$

onde:

B_{vt}	Largura total do vertedouro, em m
L_{vt}	Comprimento total do vertedouro, em m

O comprimento da injeção de cimento e também da linha de drenagem no vertedouro, L_{1tf} (m), é dado pela expressão:

$$L_{1tf} = \frac{B_{vt}}{3,0} \times L_{1tf} \qquad L_{1tf} = 1,5 \times (NA_{max} - El_{ca}) \leq 40 \text{ m}$$

onde:

B_{vt}	Largura total do vertedouro, em m
L_{1tf}	Comprimento de um furo de injeção de cimento, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação
3,0	Espaçamento entre os furos, em m

O comprimento total dos chumbadores na bacia de dissipação, L_{ffc} (m), quando for o caso, é dado pela expressão:

$$L_{ffc} = B_{bd} \times L_{bd}$$

onde:

B_{bd}	Largura da bacia de dissipação, em m
L_{bd}	Comprimento da bacia de dissipação, em m

Os preços unitários dos serviços correspondentes a **limpeza e tratamento de fundação** – expressos em reais, referidos a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste –, incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/m²
- Furo roto-percussivo: 168,00/m
- Injeção com calda de cimento: 72,00/m
- Chumbador: 241,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (Conta .12.18.28.14)

O volume de concreto do vertedouro, V_{cvt} (m³), é dado pela expressão (COPEL, 1983 e 1996):

$$V_{cvt} = V_{cog} + V_{cpj} + V_{cpl} + V_{cpo} + V_{ode} + V_{cmv} + V_{cmc}$$

sendo:

$$V_{cpl} = (1,98 \times H_{cp}^2 + 6,0 \times H_{cp} + 6) \times (N_{cp} + 1) \times e_{pl}$$

$$V_{cpo} = 6,0 \times B_{vt}$$

para vertedouros sem adufa:

$$V_{cog} = [0,944 \times H_{cp}^{0,46} \times (p_{vv} + 1,5)^{1,54} + 0,27 \times p_{vv} \times H_{cp} - 0,007 \times H_{cp}^2 + 0,40 \times H_{cp} + 18] \times B_{vt}$$

e com bacia de dissipação:

$$V_{cpj} = d_1 \times 0,167 \times H_{cp} \times (B_{bd} + 2,0)$$

e com salto de esqui:

$$V_{cpj} = 1,25 \times H_{cp} \times h_5 \times (B_{se} + 2,0) \quad V_{csb} = 0$$

$$h_5 = El_{cv} - 1,5 - (El_{se} - 0,25 \times H_{cp}) \geq 0$$

para vertedouros com adufa:

$$V_{cog} = [0,944 \times H_{cp}^{0,46} \times (p_{vv} + 1,5)^{1,54} + 0,27 \times p_{vv} \times H_{cp}] \times (B_{vt} - B_{ad}) + [0,944 \times H_{cp}^{0,46} \times (p_v + 1,5)^{1,54} + 0,27 \times p_v \times H_{cp}] \times B_{ad} + (-0,007 \times H_{cp}^2 + 0,40 \times H_{cp} + 18) \times B_{vt}$$

e com bacia de dissipação:

$$V_{cpj} = d_1 \times 0,167 \times H_{cp} \times (B_{bd} + 2,0 - B_{ad}) + d_2 \times 0,167 \times H_{cp} \times B_{ad}$$

$$d_2 = 0,75 \times [El_{ca} - 1,5 - (El_{bd} - e_c)]$$

e com salto de esqui:

$$V_{cpj} = 1,25 \times H_{cp} \times h_5 \times (B_{se} + 2,0 - B_{ad})$$

$$V_{csb} = \left(\frac{d_g}{2} + L_{se} \right) \times (h_4 + 1,5) \times (B_{se} + 2,0)$$

$$d_g = 1,46 \times H_{cp}^{0,46} \times \left[(p_v + 1,5)^{0,54} - (p_v - h_4)^{0,54} \right]$$

$$h_4 = El_{se} - 0,25 \times H_{cp} - El_{ca}$$

para qualquer vertedouro com bacia de dissipação:

$$V_{cde} = (L_{bd} \times e_c + 0,036 \times R_{bd}^2 + 0,375 \times e_c^2) \times (B_{bd} + 2,0)$$

$$V_{cmv} = 2 \times \left[(d_5 \times 0,95 \times H_{cp} \times 1,0) + \frac{d_6^2}{2 \times 0,75} \right] + 2 \times L_{bd} \times (y_2 + 2,0) \times 1,0$$

$$V_{cmc} = 2 \times \left(L_{bd} + \frac{d_3 + d_4}{2} \right) \times (0,25 \times h_1^2 + 0,75 \times h_1) + 2 \times \frac{d_3 - d_4}{2} \times (0,25 \times h_2^2 + 0,75 \times h_2)$$

$$d_1 = 0,75 \times [El_{cv} - 1,5 - (El_{bd} - e_c)]$$

$$d_5 = 0,75 \times [NA_{max} - 2,0 \times H_{cp} - (El_{bd} - e_c)]$$

$$d_6 = 0,75 \times (y_2 + 2,0 + e_c - 0,95 \times H_{cp})$$

$$d_3 = 0,75 \times [NA_{max} - 1,83 \times H_{cp} - (El_{bd} - e_c)]$$

$$d_4 = 0,75 \times (y_2 + 2,0 + e_c - 0,95 \times H_{cp}) \leq d_3$$

$$h_1 = NA_{crr} + 2,0 - (El_{ide} - e_{te}) \geq 0$$

$$h_2 = NA_{max} - 0,88 \times H_{cp} - (El_{ide} - e_{te}) \geq 0$$

para qualquer vertedouro com salto de esqui:

$$V_{cde} = V_{csd} + V_{csb}$$

$$V_{csd} = (0,116 \times R_{se}^2 + 0,247 \times H_{cp} \times R_{se} - 0,023 \times H_{cp}^2) \times (B_{se} + 2,0)$$

$$V_{cmv} = 2 \times (d_{11} \times 1,6 \times y \times 1,0 + d_{13} \times 0,95 \times H_{cp} \times 1,0)$$

$$V_{cmc} = 2 \times \left(d_{11} + \frac{d_{10}}{2} \right) \times (0,25 \times h_3^2 + 0,75 \times h_3) + 2 \times \frac{d_{10}}{2} \times (0,25 \times h_2^2 + 0,75 \times h_2)$$

$$d_{10} = 0,75 \times [NA_{max} - 0,878 \times H_{cp} - (El_{se} - 1,6 \times y)] \geq 0$$

$$d_{11} = d_{12} + L_{se} - 1,46 \times H_{cp} - d_{13}$$

$$d_{12} = 1,46 \times H_{cp}^{0,46} \times (p_v + 1,5)^{0,54}$$

$$d_{13} = 0,75 \times [NA_{max} - 1,05 \times H_{cp} - (El_{se} - 1,6 \times y)] \geq 0$$

$$h_3 = El_{se} - 1,6 \times y - (El_{tde} - e_{te}) \geq 0$$

$$h_2 = NA_{max} - 0,88 \times H_{cp} - (El_{tde} - e_{te}) \geq 0$$

onde:

V_{cog}	Volume de concreto da ogiva, em m ³
V_{cpj}	Volume de concreto do paramento de jusante da ogiva, em m ³
V_{cpl}	Volume de concreto dos pilares, em m ³
V_{cpo}	Volume de concreto da ponte, em m ³
V_{cde}	Volume de concreto da bacia de dissipação ou do salto de esqui, em m ³
V_{cmv}	Volume de concreto do revestimento vertical da bacia de dissipação ou do salto de esqui, em m ³
V_{cmc}	Volume de concreto dos muros da bacia de dissipação ou do salto de esqui, em m ³
H_{cp}	Altura das comportas, em m
N_{cp}	Número de comportas
e_{pl}	Espessura dos pilares, em m
B_{vt}	Largura total do vertedouro, em m
p_{vv}	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação ao vertedouro, fora das adufas, em m
B_{bd}	Largura da bacia de dissipação, em m
B_{sc}	Largura do salto de esqui, em m
B_{ad}	Largura total das adufas, em m
p_v	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação às adufas, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação às adufas, em m
El_{bd}	Cota do fundo da bacia de dissipação, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto da soleira da bacia de dissipação, em m
L_{sc}	Comprimento do salto de esqui na fundação, em m
El_{sc}	Cota da soleira do salto de esqui, em m
L_{bd}	Comprimento da bacia de dissipação, em m
R_{bd}	Raio de curvatura na entrada da bacia de dissipação, em m
y_2	Profundidade do escoamento após o ressalto hidráulico, em m
El_{cv}	Cota do fundo do canal de aproximação ao vertedouro, fora das adufas, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
NA_{ccr}	Nível d'água no canal de restituição para cheia centenária, em m
El_{tde}	Cota média do terreno na área da bacia de dissipação ou salto de esqui, em m
e_{te}	Espessura média da camada de solo na área do vertedouro propriamente dito, em m
V_{csd}	Volume de concreto do defletor do salto de esqui, em m ³

V_{csb}	Volume de concreto abaixo do defletor, em m^3
R_{sc}	Raio de curvatura do salto de esqui, em m
y	Profundidade do escoamento no salto de esqui, em m
d_i, h_i	Dimensões auxiliares, em m

No caso de as adufas estarem localizadas no corpo do vertedouro, dever-se-á considerar o **acréscimo de volume de concreto devido a adufas**, V_{cad} (m^3), dado pela expressão:

$$V_{cad} = V_{cac} + V_{cpl} - V_{cae}$$

sendo:

$$V_{cac} = (0,24 \times H_{ad} + 2) \times B_{ad}$$

$$V_{cpl} = (0,16 \times H_{ad}^2 + 2,7 \times H_{ad} + 8) \times (N_{ad} + 1) \times e_{pl}$$

$$V_{cae} = (0,38 \times H_{ad} + 0,2) \times H_{ad} \times N_{ad} \times B_{lad}$$

onde:

V_{cac}	Volume de concreto de parte da soleira das adufas, em m^3
V_{cpl}	Volume de concreto dos pilares das adufas a montante do paramento da barragem, em m^3
V_{cae}	Volume de concreto das entradas das adufas, em m^3
H_{ad}	Altura das adufas, em m
B_{ad}	Largura total das adufas, em m
N_{ad}	Número de adufas
e_{pl}	Espessura dos pilares, em m
B_{lad}	Largura de uma adufa, em m

Ainda no caso de o desvio ser feito por adufas no vertedouro, o **volume de concreto, com taxas de cimento e armadura maiores** que as da ogiva do vertedouro, V_{cen} (m^3), é dado pela expressão:

$$V_{cen} = V_{cet} + V_{ces} + V_{cep}$$

sendo, para bacia de dissipação:

$$V_{cet} = (0,27 \times H_{cp} + d_{14}) \times 0,25 \times H_{ad} \times B_{ad}$$

$$V_{ces} = (0,27 \times H_{cp} + d_{15}) \times 1,5 \times B_{ad}$$

$$V_{cep} = \left(0,27 \times H_{cp} + \frac{d_{14} + d_{15}}{2} \right) \times H_{ad} \times (N_{ad} + 1) \times e_{pl}$$

$$d_{14} = 1,46 \times H_{cp}^{0,46} \times (p_v - H_{ad})^{0,54}$$

$$d_{15} = 1,46 \times H_{cp}^{0,46} \times p_v^{0,54}$$

e, para dissipador de energia em salto de esqui:

$$V_{cet} = (L_{vt} - d_0) \times 0,25 \times H_{ad} \times B_{ad}$$

$$V_{ces} = L_{vt} \times 1,5 \times B_{ad}$$

$$V_{cep} = \left(L_{vt} - \frac{d_0}{2} \right) \times H_{ad} \times (N_{ad} + 1) \times e_{pl}$$

$$d_0 = (L_{vt} - 0,27 \times H_{cp} - d_{16} - 0,836 \times R_{se} + 0,15 \times H_{cp}) \times \frac{H_{ad}}{h_4}$$

$$d_{16} = 1,46 \times H_{cp}^{0,46} \times (p_v - h_4)^{0,54}$$

$$h_4 = El_{se} - 0,25 \times H_{ad} - El_{ca}$$

onde:

V_{cet}	Volume de concreto do teto das adufas, em m ³
V_{ccs}	Volume de concreto da soleira das adufas, em m ³
V_{cep}	Volume de concreto dos pilares das adufas, em m ³
H_{cp}	Altura das comportas do vertedouro, em m
H_{ad}	Altura das adufas, em m
B_{ad}	Largura total das adufas, em m
N_{ad}	Número de adufas
e_{pl}	Espessura dos pilares, em m
p_v	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação às adufas, em m
L_{vt}	Comprimento total do vertedouro, em m
R_{sc}	Raio de curvatura do salto de esqui, em m
El_{sc}	Cota da soleira do salto de esqui, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação às adufas, em m
d_i, h_i	Dimensões auxiliares, em m

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m ³)	Armadura (kg/m ³)
Ogiva, contraforte, abaixo do defletor, soleira e entrada das adufas	200	20
Paramento de jusante da ogiva, bacia de dissipação e defletor	250	50
Pilares e muros	250	80
Ponte	300	100
Com taxas maiores	250	80

O preço unitário do **cimento** é de R\$ 348,00/t , referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da **armadura** é de R\$ 4.327,00/t referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do **concreto sem cimento** expressos em reais por metro cúbico do volume do vertedouro, referidos a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Ogiva, contraforte, abaixo do defletor: 113,00/m³
- Pilares, muros, bacia de dissipação e defletor: 200,00/m³

- Ponte: 474,00/m³
- Soleira e entrada das adufas e concreto com taxas maiores: 174,00/m³

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressivas, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobilização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço unitário do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%.

Comportas Segmento (Conta .12.18.28.23.16)

O custo de aquisição de cada comporta segmento de superfície do vertedouro, C_{cp} (R\$), – custo FOB, sem inclusão de custos de transporte e seguro, montagem e testes e provisões para impostos e taxas incidentes conforme legislação tributária vigente – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B.21, Anexo B, em função de suas dimensões e carga hidrostática), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

válido para $2,2 \leq z \leq 178$: $C_{cp} = 193,95 \times z^{0,5406}$

$$\text{sendo: } z = \frac{B_{cp}^2 \times H_{cp} \times H_x}{1000} \quad H_x = H_{cp}$$

onde:

z	Parâmetro, em m ⁴
B_{cp}	Largura das comportas, em m
H_{cp}	Altura das comportas, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro.
- 8,0%: para montagem e testes.
- 28,0%: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Comporta Ensecadeira

O custo de aquisição de cada comporta ensecadeira do vertedouro, C_{sl} (R\$), – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B.24, Anexo B, em função de suas dimensões e carga hidrostática), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

válido para $0,34 \leq z \leq 177$: $C_{sl} = 72,9 \times z^{0,716}$

$$\text{sendo: } z = \frac{B_{cp}^2 \times H_{cp} \times H_x}{1000}$$

onde:

z	Parâmetro, em m ⁴
B_{cp}	Largura das comportas, em m
H_{cp}	Altura das comportas, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

O custo global de aquisição de guias e partes fixas embutidas no concreto das comportas ensecadeira do vertedouro, C_{gpf} (R\$) – custo FOB – é dado pela expressão abaixo, referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$C_{\text{gpf}} = N_{\text{cp}} \times [2 \times (H_{\text{cp}} + H_{\text{bl}}) + B_{\text{cp}}] \times 2084,80$$

onde:

N_{cp}	Número de comportas
H_{cp}	Altura das comportas, em m
H_{bl}	Altura de borda livre do vertedouro, em m
B_{cp}	Largura das comportas, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Guindaste (Conta .12.18.28.23.20)

O custo de aquisição do pórtico rolante do vertedouro, C_{pcr} (R\$), – custo FOB – é obtido pelas expressões abaixo (ou no Gráfico B.26, anexo B, em função das dimensões da comporta ensecadeira e da carga hidrostática máxima aplicada sobre sua soleira), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

válido para $0,34 \leq z \leq 13,15$: $C_{\text{pcr}} = 141,34 \times z^{0,3555}$

válido para $13,15 < z \leq 176,43$: $C_{\text{pcr}} = -0,0082 \times z^2 + 6,8982 \times z + 263,93$

sendo: $z = \frac{B_{\text{cp}}^2 \times H_{\text{cp}} \times H_x}{1000}$

onde:

z	Parâmetro, em m^4
B_{cp}	Largura das comportas, em m
H_{cp}	Altura das comportas, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos

Outros Custos (Conta .12.18.28.17)

A parcela referente a **outros custos** deve ser estimada adotando-se um percentual de 2% do custo total da estrutura correspondente.

VERTEDOUROS DE SUPERFÍCIE DO TIPO DE ENCOSTA CONTROLADOS POR COMPORTA (CONTA .12.18.28)

Dados Básicos

As principais informações utilizadas para dimensionamento vêm do arranjo geral e do item 5.1.2. (Dados Hidrometeorológicos) e são as seguintes:

- Coeficiente para determinação da altura inicial das comportas, k_v .
- Altura das comportas H_{cp} , em m.
- Cação de projeto do vertedouro, Q_v em m^3/s , do item 5.1.2.

- Vazão da cheia centenária, Q_c em m^3/s , do item 5.1.2.
- Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.6.
- Cota do fundo do canal de aproximação, El_{ca} , do item 5.7.3, em m.;
- Inclinação do paramento de montante da ogiva, distância horizontal para um desnível de 1,0m, m_m em m.
- Declividade da calha, tangente do valor absoluto do ângulo com a horizontal, i_{cl} , em m/m.
- Nível d'água no canal de restituição para cheia centenária, NA_{ccr} , do item 5.1.2, em m.

As principais **informações utilizadas na quantificação** são as seguintes:

- Cota média do terreno na área do vertedouro propriamente dito, incluindo o dissipador de energia, El_{tc} , em m.
- Cota média do terreno na área da calha, exclusivamente, El_{tc} , em m.
- Cota média do terreno na área da bacia de dissipação ou salto de esquí, exclusivamente, El_{tde} , em m.
- Espessura média da camada de solo na área do vertedouro propriamente dito, e_{tc} , em m.
- Cota média do terreno na seção $i - 0, 1$ e 2 – transversal ao eixo longitudinal do canal de aproximação, El_{tai} , em m.
- Cota média do terreno na seção $i - 0, 1$ e 2 – transversal ao eixo longitudinal do canal de restituição, El_{tri} , em m.
- Cota do fundo do canal de restituição, El_{cr} , em m.
- Comprimento médio do canal de aproximação, L_{ca} em m.
- Comprimento médio do canal de restituição, L_{cr} em m.
- Espessura do revestimento de concreto da soleira da bacia de dissipação, e_c , em m, quando for o caso.

Considerações e Recomendações

Este texto refere-se a um vertedouro com seção típica apresentada na Figura 5.7.5.06 e Figura 5.7.5.07.

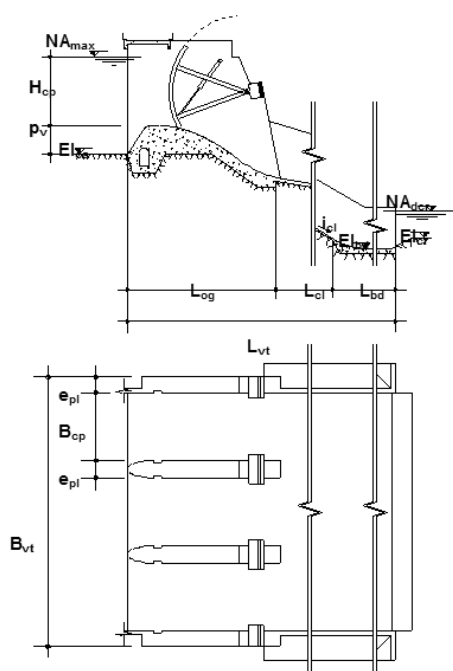


Figura 5.7.5.06 – Seção típica de vertedouro de superfície do tipo de encosta controlado por comportas, com bacia de dissipação.

Uma primeira aproximação para a seleção da **altura das comportas**, H_{cp} (m), é dada pela expressão:

$$H_{cp} = k_v \times Q_v^{0,4} \leq 21,0\text{m}$$

sendo:

k_v	Para vertedouros com
0,65	Duas comportas
0,55	Três comportas
0,45	Cinco comportas
0,35	Dez comportas

onde:

k_v	Coefficiente para determinação da altura inicial das comportas
Q_v	Vazão de projeto do vertedouro, em m^3/s

Pode-se adotar valores de k_v intermediários.

Para **declividade da calha**, na ausência de melhores informações, recomenda-se adotar 10%.

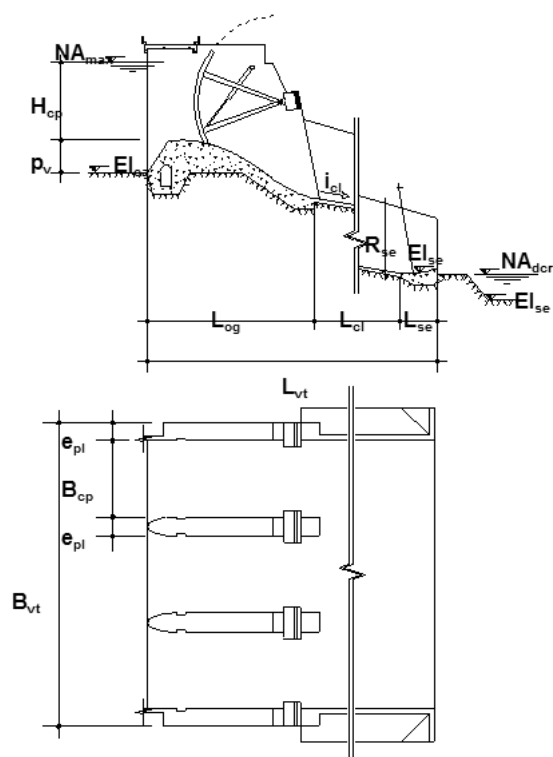


Figura 5.7.5.07 – Seção típica de vertedouro de superfície do tipo de encosta controlado por comportas, com salto de esqui.

No **dimensionamento da bacia de dissipação**, recomenda-se que o número de Froude antes do ressalto hidráulico fique entre 4,5 e 9,0, para assegurar um ressalto estável. Para aumentar o número de Froude para 4,5, pode-se, por exemplo, diminuir a cota do fundo da bacia de dissipação além do resultado pelo cálculo. Para diminuir o número de Froude para 9,0, pode-se, por exemplo, estreitar a largura da bacia de dissipação.

Para **espessura do revestimento de concreto do fundo da bacia de dissipação**, na ausência de melhores informações, dever-se-á adotar 1,0 m.

Coefficiente de Descarga

O coeficiente de descarga, C_d , para o perfil típico recomendado, é obtido no Gráfico 5.7.5.03 (Bureau of Reclamation 1977) ou pelas expressões equivalentes:

para $m_m = 1,0$ e $0,100 < z \leq 0,524$:

$$C_d = 1,9507 \times z^3 - 2,9011 \times z^2 + 1,5498 \times z + 1,8274$$

para $m_m = 1,0$ e $0,524 < z \leq 0,813$:

$$C_d = 0,1592 \times z^3 - 0,4409 \times z^2 + 0,4248 \times z + 1,9984$$

para $m_m = 1,0$ e $0,813 < z \leq 1,800$:

$$C_d = 0,0159 \times z + 2,1256$$

para $m_m = 0,67$ e $0,100 < z \leq 0,497$:

$$C_d = 2,5495 \times z^3 - 3,6032 \times z^2 + 1,8832 \times z + 1,7678$$

para $m_m = 0,67$ e $0,497 < z \leq 0,759$:

$$C_d = 0,2261 \times z^3 - 0,6256 \times z^2 + 0,6137 \times z + 1,9481$$

para $m_m = 0,67$ e $0,759 < z \leq 1,800$:

$$C_d = 0,0242 \times z^3 - 0,1143 \times z^2 + 0,1775 \times z + 2,0734$$

para $m_m = 0,33$ e $0,100 < z \leq 0,505$

$$C_d = 2,4283 \times z^3 - 3,5181 \times z^2 + 1,9125 \times z + 1,7265$$

para $m_m = 0,33$ e $0,505 < z \leq 0,755$

$$C_d = 0,2514 \times z^3 - 0,6927 \times z^2 + 0,6896 \times z + 1,9033$$

para $m_m = 0,33$ e $0,755 < z \leq 1,800$

$$C_d = 0,02 \times z^3 - 0,0985 \times z^2 + 0,1782 \times z + 2,0508$$

sendo:

$$z = \frac{p_v}{H_{cp}} \quad p_v = NA_{max} - H_{cp} - El_{ca}$$

onde:

z	Parâmetro adimensional
p_v	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação, em m
H_{cp}	Altura das comportas, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m

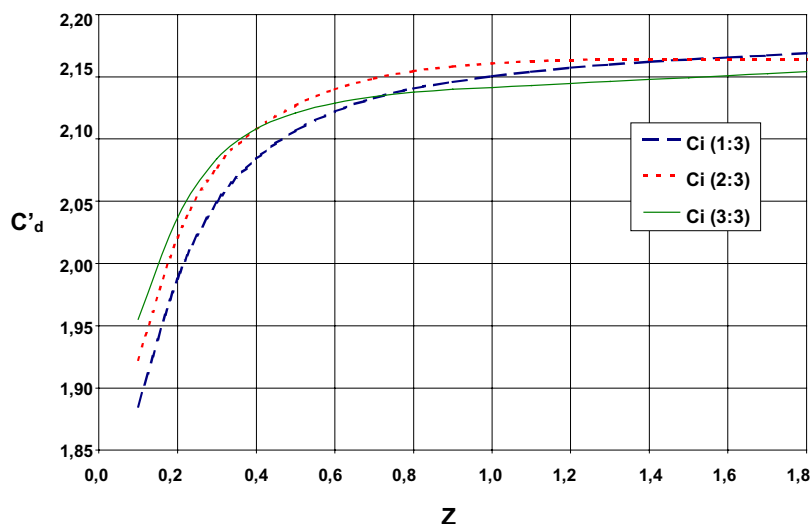


Gráfico 5.7.5.03 – Coeficiente de descarga para vertedouros com paramento de montante inclinado.

Dimensões das Comportas e do Vertedouro

A largura real dos vãos, B_{rvt} (m), é dada pela expressão:

$$B_{rvt} = \frac{Q_v}{C_d \times H_{cp}^{3/2}}$$

onde:

Q_v	Vazão de projeto do vertedouro, em m^3/s
C_d	Coeficiente de descarga
H_{cp}	Altura das comportas, em m

O número de comportas, N_{cp} , é dado pela expressão:

$$N_{cp} = \text{int} \left(\frac{B_{rvt}}{H_{cp}} + 0,999 \right)$$

onde:

B_{rvt}	Largura real dos vãos, em m
H_{cp}	Altura das comportas, em m
$\text{int}(x)$	Função que retorna com o inteiro de x

A largura das comportas, B_{cp} (m), é dada pela expressão:

$$B_{cp} = 0,05 \times \text{int} \left(\frac{1}{0,05} \times \frac{B_{rvt}}{N_{cp}} + 0,5 \right)$$

onde:

B_{rvt}	Largura real dos vãos, em m
N_{cp}	Número de comportas, em m
$\text{int}(x)$	Função que retorna com o inteiro de x

A espessura dos pilares, e_{pl} (m), é dada pela expressão:

$$e_{pl} = 0,12 \times H_{cp} + 2,4$$

onde:

H_{cp}	Altura das comportas, em m
----------	----------------------------

A **largura total do vertedouro**, B_{vt} (m), no sentido transversal ao escoamento, é dada pela expressão:

$$B_{vt} = (N_{cp} + 1) \times e_{pl} + N_{cp} \times B_{cp}$$

onde:

N_{cp}	Número de comportas
e_{pl}	Espessura dos pilares, em m
B_{cp}	Largura das comportas, em m

A **largura da calha**, B_{cl} (m), é dada pela expressão:

$$B_{cl} = (N_{cp} - 1) \times e_{pl} + N_{cp} \times B_{cp}$$

onde:

N_{cp}	Número de comportas
e_{pl}	Espessura dos pilares, em m
B_{cp}	Largura das comportas, em m

O **comprimento da ogiva** no sentido do escoamento, L_{og} (m), é dado pela expressão:

$$L_{og} = 1,66 \times H_{cp} + m_m \times p_v$$

onde:

H_{cp}	Altura das comportas, em m
m_m	Inclinação do paramento de montante da ogiva, distância horizontal para um desnível de 1,0 m
p_v	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação, em m

O **comprimento da calha**, L_{cl} (m), é dado pela expressão:

$$\text{para bacia de dissipação: } L_{cl} = \frac{NA_{max} - 1,69 \times H_{cp} - El_{bd}}{i_{cl}}$$

$$\text{para salto de esqui: } L_{cl} = \frac{NA_{max} - 1,69 \times H_{cp} - El_{se} - 0,03 \times R_{se}}{i_{cl}}$$

onde:

NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
H_{cp}	Altura das comportas, em m
El_{bd}	Cota do fundo da bacia de dissipação, definida adiante, em m
El_{se}	Cota da soleira do salto de esqui, definida adiante, em m
R_{se}	Raio de curvatura do salto de esqui, definido adiante, em m
i_{cl}	Declividade da calha

O **comprimento total** do vertedouro, L_{vt} (m), é dado pela expressão:

$$\text{para bacia de dissipação: } L_{vt} = L_{og} + L_{cl} + L_{bd}$$

$$\text{para salto de esqui: } L_{vt} = L_{og} + L_{cl} + L_{se}$$

onde:

L_{og}	Comprimento da ogiva, em m
L_{cl}	Comprimento da calha, em m
L_{bd}	Comprimento da bacia de dissipação, definido adiante, em m
L_{sc}	Comprimento do salto de esqui na fundação, definido adiante, em m

Bacia de Dissipação

A largura da bacia de dissipação, B_{bd} (m), é dada pela expressão:

$$B_{bd} = B_{cl}$$

onde:

B_{cl}	Largura da calha, em m
----------	------------------------

A determinação da **profundidade da bacia de dissipação** é iterativa e baseada no número de Froude antes do ressalto hidráulico, na seção 1 da Figura 5.7.5.03, para a vazão de cheia centenária.

Arbitra-se, inicialmente, uma cota para o fundo da bacia de dissipação e verifica-se a adequação do valor arbitrado, calculando a **velocidade**, v_1 (m/s), a **profundidade do escoamento**, y_1 (m), e o **número de Froude**, Fr_1 , antes do ressalto hidráulico, a **profundidade do escoamento** após o ressalto, y_2 (m), e finalmente a **cota do fundo da bacia**:

Caso a cota do fundo da bacia de dissipação difira daquela arbitrada inicialmente, os cálculos deverão ser refeitos até se atingir a precisão desejada.

$$v_1 = \sqrt{k \times 2 \times g \times (NA_{max} - El_{bd})} \quad y_1 = \frac{Q_c}{B_{bd} \times v_1}$$

$$Fr_1 = \frac{v_1}{\sqrt{g \times y_1}} \quad y_2 = \left(\frac{y_1}{2}\right) \times \left(\sqrt{1 + 8 \times Fr_1^2} - 1\right)$$

$$El_{bd} = NA_{ccr} - y_2$$

onde:

v_1	Velocidade média do escoamento antes do ressalto hidráulico, em m/s
k	0,9 – coeficiente redutor da altura de energia
g	9,81m/s ² – aceleração da gravidade
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
El_{bd}	Cota do fundo da bacia de dissipação, em m
y_1	Profundidade do escoamento antes do ressalto hidráulico, em m
Q_c	Vazão de cheia centenária, em m ³ /s
B_{bd}	Largura da bacia de dissipação, em m
Fr_1	Número de Froude antes do ressalto hidráulico
y_2	Profundidade do escoamento, após o ressalto hidráulico, em m
NA_{ccr}	Nível d'água no canal de restituição para cheia centenária, em m

O **raio de curvatura na entrada da bacia de dissipação**, R_{bd} (m), é dado pela expressão (PETERKA):

$$R_{bd} = 6 \times y_1$$

onde:

y_1	Profundidade do escoamento antes do ressalto hidráulico, em m
-------	---

O **comprimento da bacia de dissipação**, L_{bd} (m), é dado pela expressão:

$$L_{bd} = 6 \times y_2 + R_{bd} \times \tan \left[\frac{a \tan(i_{cl})}{2} \right]$$

onde:

y_2	Profundidade do escoamento após o ressalto hidráulico, em m
i_{cl}	Declividade da calha
R_{bd}	Raio de curvatura na entrada da bacia de dissipação, em m

Salto de Esqui

A largura do salto de esqui, B_{sc} (m), é dada pela expressão:

$$B_{se} = B_{cl}$$

onde:

B_{cl}	Largura da calha, em m
----------	------------------------

A cota da soleira do salto de esqui, El_{se} , é dada pela expressão:

$$El_{se} = NA_{ccr} + 1,0 \geq El_{cr}$$

onde:

NA_{ccr}	Nível d'água no canal de restituição para cheia centenária, em m
El_{cr}	Cota do fundo do canal de restituição, em m

O raio de curvatura do salto de esqui, R_{sc} (m), é dado pela expressão (PETERKA):

$$R_{se} = 6 \times y$$

sendo:

$$y = \frac{Q_c}{B_{se} \times v} \quad v = \sqrt{k \times 2 \times g \times (NA_{max} - El_{se})}$$

onde:

y	Profundidade da lâmina de água no salto de esqui, em m
Q_c	Vazão de cheia centenária, em m ³ /s
B_{sc}	Largura do salto de esqui, em m
v	Velocidade da lâmina de água no salto de esqui, em m/s
k	0,9 – coeficiente redutor da altura de energia
g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
El_{sc}	Cota da soleira do salto de esqui, em m

O comprimento do salto de esqui, L_{sc} (m), é dado pela expressão:

$$L_{se} = 0,80 \times R_{se} + 1,5$$

onde:

R_{sc}	Raio de curvatura do salto de esqui, em m
----------	---

Escavação Comum (Conta .12.19.30.12.10)

O volume de escavação comum no vertedouro, V_{vt} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{vt} = V_{tca} + V_{tes} + V_{tcr}$$

sendo:

$$V_{tca} = \left(\frac{V_{ta0}}{2} + V_{ta1} + V_{ta2} \right) \times \frac{L_{ca}}{3}$$

$$V_{tai} = \left[B_{ca} - 6 + 2 \times (0,6 \times h_{rai} + e_{te}) \right] \times e_{te}$$

$$h_{rai} = El_{tai} - El_{ca} - e_{te}, \quad i = 0, 1, 2$$

$$B_{ca} = B_{vt} - 2 \times (e_{pl} - 1,0) \qquad V_{tes} = L_{vt} \times e_{te} \times B_{vt}$$

$$V_{tcr} = \left(\frac{V_{tr0}}{2} + V_{tr1} + V_{tr2} \right) \times \frac{L_{cr}}{3}$$

$$V_{tri} = \left[B_{cr} - 6 + 2 \times (0,6 \times h_{rri} + e_{te}) \right] \times e_{te}$$

$$h_{rri} = El_{tri} - El_{cr} - e_{te}, \quad i = 0, 1, 2$$

Para bacia de dissipação: $B_{cr} = B_{bd} + 2 \times 1,0$

Para salto de esqui: $B_{cr} = B_{se} + 2 \times 1,0$

onde:

V_{tca}	Volume de escavação comum no canal de aproximação, em m ³
V_{tes}	Volume de escavação comum na estrutura, em m ³
V_{tcr}	Volume de escavação comum no canal de restituição, em m ³
V_{tai}	Volume de escavação comum por metro na seção i do canal de aproximação, em m ³ /m
L_{ca}	Comprimento do canal de aproximação, em m
B_{ca}	Largura do fundo do canal de aproximação, em m
h_{rai}	Profundidade da escavação em rocha na seção i do canal de aproximação, em m
e_{te}	Espessura média da camada de solo na área do vertedouro propriamente dito, em m
El_{tai}	Cota média do terreno na seção i do canal de aproximação, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
B_{vt}	Largura total do vertedouro, em m
e_{pl}	Espessura dos pilares, em m
L_{vt}	Comprimento total do vertedouro, em m
V_{tri}	Volume de escavação comum por metro na seção i do canal de restituição, em m ³ /m
L_{cr}	Comprimento do canal de restituição, em m
B_{cr}	Largura do fundo do canal de restituição, em m
h_{rri}	Profundidade da escavação em rocha na seção i do canal de restituição, em m
El_{tri}	Cota média do terreno na seção i transversal ao eixo longitudinal do canal de restituição, em m
El_{cr}	Cota do fundo do canal de restituição, em m
B_{bd}	Largura da bacia de dissipação, em m
B_{se}	Largura do salto de esqui, em m

O preço unitário de **escavação comum** é de R\$ 7,60/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do vertedouro, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (Conta .12.19.30.12.11)

A Figura 5.7.5.05 apresenta cortes típicos mostrando a escavação nos canais de aproximação e restituição.

O volume de escavação em rocha, V_{rvt} (m^3), é dado pela expressão:

$$V_{rvt} = V_{rca} + V_{rog} + V_{rcl} + V_{rbc} + V_{rde} + V_{rbe} + V_{rcr}$$

sendo:

$$V_{rca} = \left(\frac{V_{ra0}}{2} + V_{ra1} + V_{ra2} \right) \times \frac{L_{ca}}{3}$$

$$V_{ra1} = (B_{ca} - 6 + 0,6 \times h_{rai}) \times h_{rai}$$

$$V_{rog} = L_{og} \times [EI_{te} - e_{te} - (EI_{ca} - 2)] \times B_{vt}$$

$$V_{rcl} = L_{cl} \times [EI_{tc} - e_{te} - (EI_{tc} - 0,7)] \times (B_{cl} + 2)$$

$$V_{rbc} = 2 \times L_{cl} \times 0,3 \times h_{rc}^2$$

$$V_{rcr} = \left(\frac{V_{rr0}}{2} + V_{rr1} + V_{rr2} \right) \times \frac{L_{cr}}{3}$$

$$V_{rr1} = (B_{cr} - 6 + 0,6 \times h_{rri}) \times h_{rri}$$

$$h_{rc} = EI_{tc} - e_{te} - (EI_{cm} - 0,7) \geq 0$$

para bacia de dissipação:

$$V_{rde} = L_{bd} \times [EI_{te} - e_{te} - (EI_{bd} - e_c)] \times (B_{bd} + 2)$$

$$V_{rbe} = 2 \times L_{bd} \times 0,3 \times h_{re}^2$$

$$EI_{cm} = \frac{NA_{max} - 1,69 \times H_{cp} + EI_{bd}}{2}$$

$$h_{re} = EI_{tde} - e_{te} - (NA_{ccr} - 5,0) \geq 0$$

para salto de esqui:

$$V_{rde} = L_{se} \times [EI_{te} - e_{te} - (EI_{se} - 2)] \times (B_{se} + 2)$$

$$V_{rbe} = 2 \times L_{se} \times 0,3 \times h_{rs}^2$$

$$EI_{cm} = \frac{NA_{max} - 1,69 \times H_{cp} + EI_{bd}}{2}$$

$$h_{rs} = EI_{tde} - e_{te} - (EI_{se} - 2,0) \geq 0$$

onde:

V_{rca}	Volume de escavação em rocha no canal de aproximação, em m^3
V_{rog}	Volume de escavação em rocha na área da ogiva, em m^3
V_{rcd}	Volume de escavação em rocha na área da calha, em m^3
V_{rbc}	Volume de escavação em rocha em bermas no trecho da calha, em m^3
V_{rde}	Volume de escavação em rocha na área da bacia de dissipação ou do salto de esqui, em m^3
V_{rbe}	Volume de escavação em rocha em bermas no trecho da bacia de dissipação ou do salto de esqui, em m^3
V_{rrc}	Volume de escavação em rocha no canal de restituição, em m^3
V_{rai}	Volume de escavação em rocha por metro na seção i do canal de aproximação, em m^3/m
L_{ca}	Comprimento do canal de aproximação, em m
B_{ca}	Largura do fundo do canal de aproximação, em m
h_{rai}	Profundidade da escavação em rocha na seção i do canal de aproximação, em m
L_{og}	Comprimento da ogiva, em m
El_{tc}	Cota média do terreno na área do vertedouro propriamente dito, em m
e_{tc}	Espessura média da camada de solo na área do vertedouro propriamente dito, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
B_{vt}	Largura total do vertedouro, em m
L_{cl}	Comprimento da calha, em m
El_{cm}	Cota média da calha, em m
B_{cl}	Largura da calha, em m
h_{rc}	Profundidade da escavação em rocha na área da calha, em m
V_{rri}	Volume de escavação em rocha por metro na seção i do canal de restituição, em m^3/m
L_{cr}	Comprimento do canal de restituição, em m
B_{cr}	Largura do fundo do canal de restituição, em m
h_{rri}	Profundidade da escavação em rocha na seção i do canal de restituição, em m
El_{tc}	Cota média do terreno na área da calha, exclusivamente, em m
L_{bd}	Comprimento da bacia de dissipação, em m
El_{bd}	Cota do fundo da bacia de dissipação, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto da soleira da bacia de dissipação, em m
B_{bd}	Largura da bacia de dissipação, em m
h_{re}	Profundidade da escavação em rocha na área da bacia de dissipação, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
H_{cp}	Altura das comportas, em m
El_{tde}	Cota média do terreno na área da bacia de dissipação ou salto de esqui, exclusivamente, em m
NA_{ccr}	Nível d'água no canal de restituição para cheia centenária, em m
L_{sc}	Comprimento do salto de esqui, em m
El_{sc}	Cota da soleira do salto de esqui, em m
B_{sc}	Largura do salto de esqui, em m
h_{rs}	Profundidade da escavação em rocha na área do salto de esqui, em m

O preço unitário de **escavação em rocha** é de R\$ 21,00/ m^3 , referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do vertedouro, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes descontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou

- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (Conta .12.19.30.13)

A área de limpeza da fundação, A_{ff} (m²), é dada pela expressão:

$$A_{ff} = B_{vt} \times L_{vt}$$

onde:

B_{vt}	Largura total do vertedouro, em m
L_{vt}	Comprimento total do vertedouro, em m

O comprimento da injeção de cimento, e também da linha de drenagem, L_{tf} (m), é dado pela expressão:

$$L_{tf} = \frac{B_{vt}}{3,0} \times L_{1tf}$$

$$L_{1tf} = 1,5 \times (NA_{max} - El_{ca}) \leq 40 \text{ m}$$

onde:

B_{vt}	Largura total do vertedouro, em m
L_{1tf}	Comprimento de um furo de injeção de cimento, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
3,0	Espaçamento entre os furos, em m

O comprimento total dos chumbadores na bacia de dissipação, L_{tfc} (m), quando for o caso, é dado pela expressão:

$$L_{tfc} = B_{bd} \times L_{bd}$$

onde:

B_{bd}	Largura da bacia de dissipação, em m
L_{bd}	Comprimento da bacia de dissipação, em m

Os preços unitários dos serviços correspondentes a **limpeza e tratamento de fundação** – expressos em reais, referidos a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste –, incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/m²
- Furo roto-percussivo: 168,00/m
- Injeção com calda de cimento: 72,00/m
- Chumbador: 241,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (Conta .12.19.30.14)

O volume de concreto do vertedouro, V_{cvt} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{cvt} = V_{cog} + V_{cpl} + V_{cpo} + V_{ccl} + V_{cde} + V_{cmv}$$

sendo:

$$V_{\text{cog}} = (0,165 \times H_{\text{cp}}^2 + 0,67 \times p_v \times H_{\text{cp}} + 0,84 \times p_v^2 + 32) \times B_{\text{vt}}$$

$$V_{\text{cpl}} = (N_{\text{cp}} + 1) \times e_{\text{pl}} \times (1,85 \times H_{\text{cp}}^2 + 7,1 \times H_{\text{cp}} + 15)$$

$$V_{\text{cpo}} = 6,0 \times B_{\text{vt}}$$

$$V_{\text{ccl}} = L_{\text{cl}} \times [0,7 \times B_{\text{cl}} + 2 \times (H_{\text{cl}} + 0,7) \times 1,0]$$

$$H_{\text{cl}} = 0,95 \times H_{\text{cp}}$$

para bacia de dissipação:

$$V_{\text{cde}} = L_{\text{bd}} \times e_c \times (B_{\text{bd}} + 2,0)$$

$$V_{\text{cmv}} = 2 \times \left[L_{\text{bd}} \times (2,0 + y_2 + e_c) + \frac{d_1^2}{2 \times i_{\text{cl}}} \right] \times 1,0$$

$$d_1 = 2,0 + y_2 - H_{\text{cl}}$$

para salto de esqui:

$$V_{\text{cde}} = (0,12 \times R_{\text{se}}^2 + 0,93 \times R_{\text{se}} + 0,53) \times (B_{\text{se}} + 2,0)$$

$$V_{\text{cmv}} = 2 \times L_{\text{se}} \times H_{\text{cl}} \times 1,0$$

onde:

V_{cog}	Volume de concreto da ogiva, em m ³
V_{cpl}	Volume de concreto dos pilares, em m ³
V_{cpo}	Volume de concreto da ponte, em m ³
V_{ccl}	Volume de concreto da calha, incluindo muros, em m ³
V_{cde}	Volume de concreto da bacia de dissipação ou do salto de esqui, incluindo muros, em m ³
H_{cp}	Altura das comportas, em m
p_v	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação, em m
B_{vt}	Largura total do vertedouro, em m
N_{cp}	Número de comportas
e_{pl}	Espessura dos pilares, em m
L_{cl}	Comprimento da calha, em m
B_{cl}	Largura da calha, em m
H_{cl}	Altura do muro da calha, em m
L_{bd}	Comprimento da bacia de dissipação, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto da soleira da bacia de dissipação, em m
B_{bd}	Largura da bacia de dissipação, em m
y_2	Profundidade do escoamento após o ressalto hidráulico, em m
i_{cl}	Declividade da calha
R_{se}	Raio de curvatura do salto de esqui, em m
B_{se}	Largura do salto de esqui, em m
L_{se}	Comprimento do salto de esqui, em m
d_1	Dimensão auxiliar, em m

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	cimento (kg/m ³)	armadura (kg/m ³)
Ogiva com bacia de dissipação	200	20
Ogiva com salto de esqui	250	50
Pilares, calha, bacia de dissipação e muros	270	80
Pilares, calha, salto de esqui e muros	250	80
Ponte	300	100

O preço unitário do **cimento** é de R\$ 348,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da **armadura** é de R\$ 4.327,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do **concreto sem cimento** expressos em reais por metro cúbico do volume do vertedouro e referidos a dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Ogiva: 113,00/m³
- Pilares, calha, bacia de dissipação, salto de esqui e muros: 200,00/m³
- Ponte: 474,00/m³

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressivas, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobilização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Comportas Segmento (Conta .12.18.28.23.16)

O **custo de aquisição de cada comporta** segmento de superfície do vertedouro, C_{cp} (R\$), – custo FOB, sem inclusão de custos de transporte e seguro, montagem e testes e provisões para impostos e taxas incidentes conforme legislação tributária vigente – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B.21, Anexo B, em função de suas dimensões e carga hidrostática), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

válido para $2,2 \leq z \leq 178$: $C_{cp} = 193,95 \times z^{0,5406}$

sendo:

$$z = \frac{B_{cp}^2 \times H_{cp} \times H_x}{1000} \quad H_x = H_{cp}$$

onde:

z	Parâmetro, em m ⁴
B_{cp}	Largura das comportas, em m
H_{cp}	Altura das comportas, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro.

- 8,0%: para montagem e testes.
- 28,0%: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Comporta Ensecadeira (Conta .12.18.28.23.17)

O custo de aquisição de cada comporta ensecadeira do vertedouro, C_{sl} (R\$), – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B.24, anexo B, em função de suas dimensões e carga hidrostática), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

válido para $0,34 \leq z \leq 177$: $C_{sl} = 72,9 \times z^{0,716}$

sendo: $z = \frac{B_{cp}^2 \times H_{cp} \times H_x}{1000}$

onde:

z	Parâmetro, em m^4
B_{cp}	Largura das comportas, em m
H_{cp}	Altura das comportas, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta, em m

Recomenda-se que seja utilizada uma comporta ensecadeira para cada dez comportas segmento.

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

O custo global de aquisição de guias e partes fixas embutidas no concreto das comportas ensecadeira do vertedouro, C_{gpf} (R\$), – custo FOB – é dado pela expressão abaixo, referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$C_{gpf} = N_{cp} \times [2 \times (H_{cp} + H_{bl}) + B_{cp}] \times 2084,80$$

onde:

N_{cp}	Número de comportas
H_{cp}	Altura das comportas, em m
H_{bl}	Altura de borda livre do vertedouro, em m
B_{cp}	Largura das comportas, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Guindaste (Conta .12.18.28.23.20)

O custo de aquisição do pórtico rolante do vertedouro, C_{pcr} (R\$), – custo FOB – é obtido pelas expressões abaixo (ou no Gráfico B.26, anexo B, em função das dimensões da comporta ensecadeira e da carga hidrostática máxima aplicada sobre sua soleira), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

para $0,34 \leq z \leq 13,15$: $C_{pcr} = 141,34 \times z^{0,3555}$

para $13,15 < z \leq 176,43$: $C_{pcr} = -0,0082 \times z^2 + 6,8982 \times z + 263,93$

sendo: $z = \frac{B_{cp}^2 \times H_{cp} \times H_x}{1000}$

onde:

z	Parâmetro, em m^4
B_{cp}	Largura das comportas, em m

H_{cp}	Altura das comportas, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Outros Custos (Conta .12.18.28.17)

A parcela referente a **outros custos** deverá ser estimada adotando-se um percentual de 2% do custo total da estrutura correspondente.

VERTEDOUROS LIVRES DE SUPERFÍCIE DO TIPO OGIVA ALTA (Conta .12.18.28)

Dados Básicos

As principais **informações utilizadas para dimensionamento** vêm do arranjo geral e do item 5.1.2. (Dados Hidrometeorológicos) e são as seguintes:

- Vazão de projeto do vertedouro, Q_v em m^3/s , do item 5.1.2.
- Vazão da cheia centenária, Q_c em m^3/s , do item 5.1.2.
- Nível d'água máximo maximorum do reservatório, NA_{xmx} , do item 5.1.2.
- Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.6.
- Cota do fundo do canal de aproximação às adufas, El_{ca} , do item 5.7.3., se for o caso.
- Cota do fundo do canal de aproximação ao vertedouro, fora das adufas, El_{cv} .
- Nível d'água máximo no canal de restituição, NA_{xcr} , do item 5.1.2.
- Nível d'água no canal de restituição para cheia centenária, NA_{ccr} , do item 5.1.2.
- cota do fundo do canal de restituição, El_{cr}
- Número de vãos da ponte, se for o caso.
- Altura das adufas de desvio, H_{ad} em m, do item 5.7.3., se for o caso.

As principais **informações utilizadas para quantificação** são as seguintes:

- Cota média do terreno na área do vertedouro propriamente dito, incluindo o dissipador de energia, El_{ce} , em m.
- Cota média do terreno na área da bacia de dissipação ou salto de esquí, exclusivamente, El_{tde} , em m.
- Espessura média da camada de solo na área do vertedouro propriamente dito, e_{te} , em m.
- Cota média do terreno na seção $i - 0, 1$ e 2 – transversal ao eixo longitudinal do canal de aproximação, El_{tai} , em m.
- Cota média do terreno na seção $i - 0, 1$ e 2 – transversal ao eixo longitudinal do canal de restituição, El_{tri} , em m.
- Comprimento médio do canal de aproximação na parte sem adufas, L_{ca} , em m.
- Comprimento médio do canal de aproximação na parte com adufas, L_{cad} , em m, quando for o caso.
- Comprimento médio do canal de restituição, L_{cr} , em m.
- Espessura do revestimento de concreto da soleira da bacia de dissipação, e_c , em m, quando for o caso.
- Largura de uma adufa, B_{lad} em m, do item 5.7.3., quando for o caso.
- Largura total das adufas, B_{ad} em m, do item 5.7.3., quando for o caso.

- Número de adufas, N_{ad} , do item 5.7.3, quando for o caso.
- Espessura dos pilares das adufas, e_{pl} , em m, do item 5.7.3., quando for o caso.
- Existência de ponte.

Considerações e Recomendações

Este texto refere-se um vertedouro com seção típica apresentada na Figura 5.7.5.08 ou 5.7.5.09.

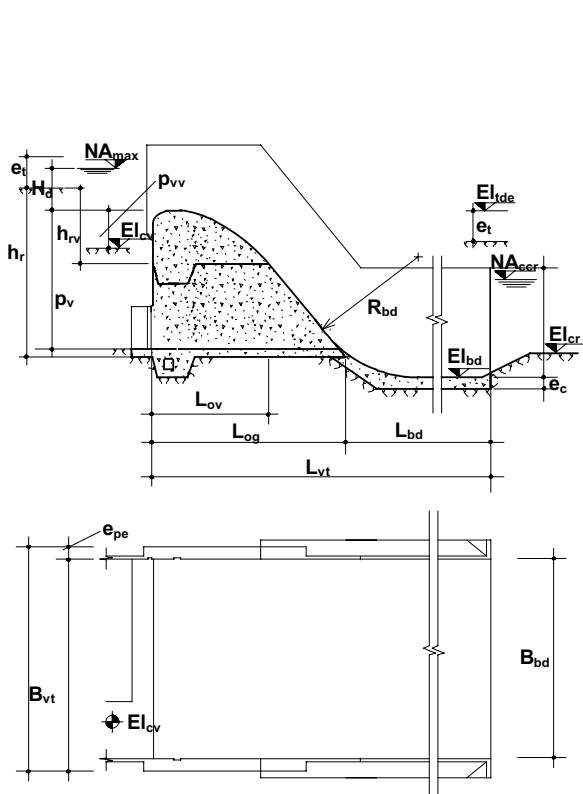


Figura 5.7.5.08 – Seção típica e planta de vertedouro livre de superfície do tipo ogiva alta, com bacia de dissipação.

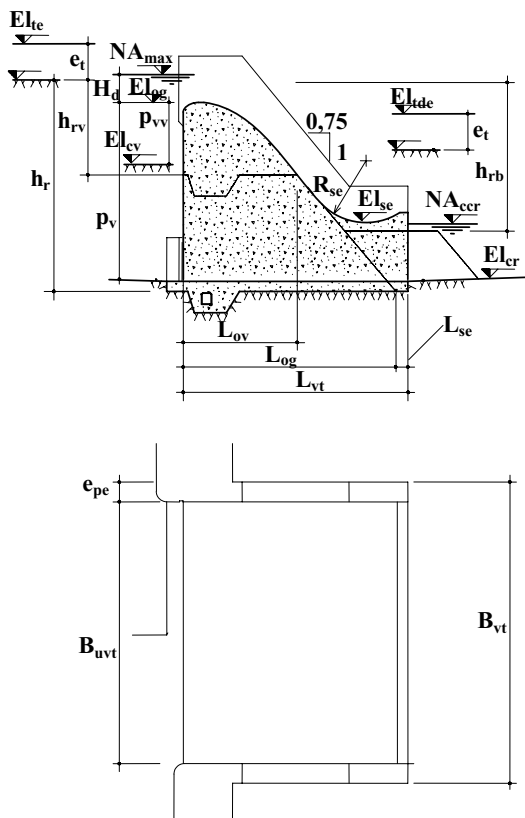


Figura 5.7.5.09 – Seção típica e planta de vertedouro livre de superfície do tipo ogiva alta, com salto de esquí.

Quando o vertedouro não fica inteiramente no leito do rio é comum as **cotas da fundação** nas duas extremidades da estrutura serem diferentes. Recomenda-se adotar para cota do fundo do canal de aproximação ao vertedouro, fora das adufas, neste caso, uma cota média.

Em **vertedouros sem adufas** dever-se-á fazer: $El_{ca} = El_{cv}$

onde:

El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação às adufas, em m
El_{cv}	Cota do fundo do canal de aproximação ao vertedouro, fora das adufas, em m

A espessura da **camada de solo** no leito do rio poderá ser diferente da espessura nas ombreiras, sendo muitas vezes nula.

No **dimensionamento da bacia de dissipação**, recomenda-se que o número de Froude antes do ressalto hidráulico fique entre 4,5 e 9,0, para assegurar um ressalto estável. Para aumentar o número de Froude para 4,5, pode-se, por exemplo, diminuir a cota do fundo da bacia de dissipação além do resultado pelo cálculo. Para diminuir o número de Froude para 9,0, pode-se, por exemplo, estreitar a largura da bacia de dissipação.

Para espessura do revestimento de concreto do fundo da bacia de dissipação, na ausência de melhores informações, recomenda-se adotar 1,0m.

Coefficiente de Descarga

O coeficiente de descarga inicial, C'_d , para o perfil típico recomendado, é obtido no Gráfico 5.7.5.01 ou pelas expressões equivalentes (Bureau of Reclamation, 1977):

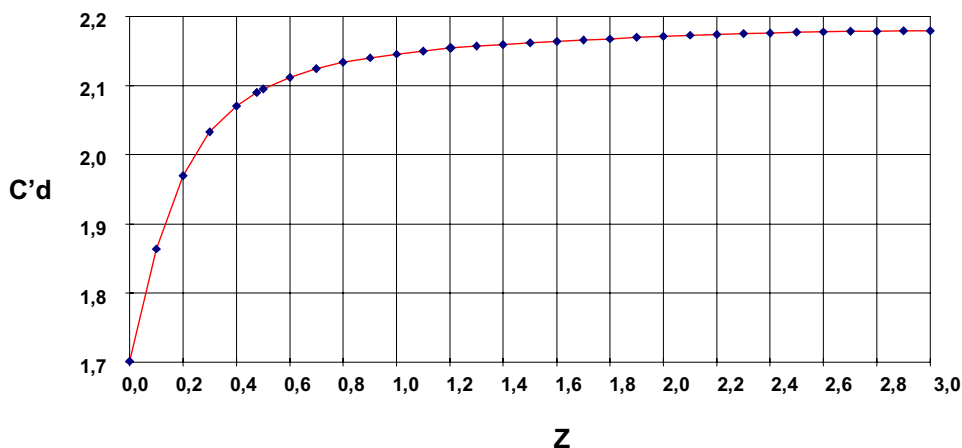


Gráfico 5.7.5.01 - Coeficiente de descarga inicial.

para $z \leq 0,475$: $C'_d = 2,535 \times z^3 - 3,61 \times z^2 + 1,96 \times z + 1,702$

para $0,475 < z \leq 1,2$: $C'_d = 0,145 \times z^3 - 0,475 \times z^2 + 0,559 \times z + 1,916$

para $1,2 < z \leq 3,0$: $C'_d = -0,0072 \times z^2 + 0,0442 \times z + 2,112$

para $z > 3,0$: $C'_d = 2,18$

sendo:

$$z = \frac{0,7 \times p_v + 0,3 \times p_{vv}}{H_d} \qquad p_v = NA_{max} - El_{ca}$$

$$p_{vv} = NA_{max} - El_{cv} \qquad H_d = NA_{xmx} - NA_{max}$$

onde:

z	Parâmetro adimensional
p_v	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação às adufas, em m
p_{vv}	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação ao vertedouro, fora das adufas, em m
H_d	Altura de energia máxima sobre a crista do vertedouro, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação às adufas, em m
El_{cv}	Cota do fundo do canal de aproximação ao vertedouro, fora das adufas, em m
NA_{xmx}	Nível d'água máximo maximorum do reservatório, em m

O coeficiente de redução do coeficiente de descarga por afogamento a jusante, k_c , é obtido no Gráfico 5.7.5.02 (Bureau of Reclamation, 1977) ou pelas expressões equivalentes:

para Faixa I: $-4 \times u + 7 \times w + 2,6 \geq 0$:

$$k_c = -0,952 \times \left(\frac{1}{u}\right)^2 + 0,956 \times \left(\frac{1}{u}\right) + 0,767 \leq 1$$

para Faixa II $u < 3,6$ e $-4 \times u + 7 \times w + 2,6 < 0$:

$$k_c = 1,058 - \frac{4 \times (u + 5)}{860 \times w} \leq 1$$

para Faixa III $u \geq 3,6$:

$$k_c = 1,058 - \frac{4}{100 \times w} \leq 1$$

sendo:

$$u = \frac{NA_{xmx} - El_{ca}}{H_d} \qquad w = \frac{NA_{xmx} - NA_{xcr}}{H_d}$$

onde:

u, w	Parâmetros adimensionais
NA _{xmx}	Nível d'água máximo maximum do reservatório, em m
El _{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
H _d	Altura de energia máxima sobre a crista do vertedouro, em m
NA _{xcr}	Nível d'água máximo no canal de restituição, em m

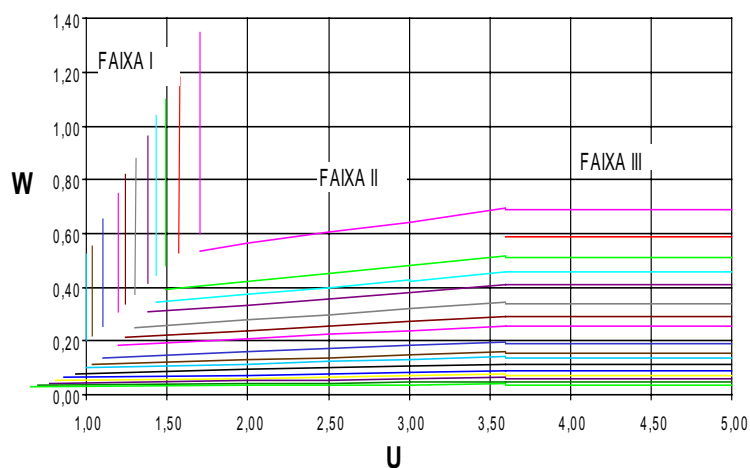


Gráfico 5.7.5.02 – Coeficiente de redução do coeficiente de descarga por afogamento a jusante.

O coeficiente de descarga corrigido, C_d , é dado pela expressão:

$$C_d = k_c \times C'_d$$

onde:

k_c	Coeficiente de redução do coeficiente de descarga
C'_d	Coeficiente de descarga inicial

Dimensões do Vertedouro

A largura útil do vertedouro, no sentido transversal ao escoamento, B_{uvt} (m), é dada pela expressão:

$$B_{uvt} = \frac{Q_v}{C_d \times H_d^{3/2}}$$

onde:

Q_v	Vazão de projeto do vertedouro, em m^3/s
C_d	Coefficiente de descarga
H_d	Altura de energia máxima sobre a crista do vertedouro, em m

A **espessura dos pilares extremos**, e_{pe} (m), é dada pela expressão:

$$e_{pe} = 0,12 \times H_d + 2,4$$

onde:

H_d	Altura de energia máxima sobre a crista do vertedouro, em m
-------	---

A **largura total do vertedouro**, B_{vt} (m), no sentido transversal ao escoamento, é dada pela expressão:

$$B_{vt} = 0,05 \times \text{int} \left[\left(B_{uvt} + 2 \times e_{pe} \right) \times \frac{1}{0,05} + 0,5 \right]$$

onde:

$N_{vãos}$	Número de vãos do vertedouro
2,0	Espessura dos pilares intermediários, em m
e_{pe}	Espessura dos pilares extremos, em m
$B_{vãos}$	Largura do vão, em m

O **comprimento da ogiva** no sentido do escoamento, L_{og} (m), é dado pela expressão:

$$\text{para a parte sem adufa: } L_{ov} = 1,46 \times H_d^{0,46} \times (p_{vv} + 1,5)^{0,54} + 0,27 \times H_d$$

$$\text{para a parte com adufa: } L_{og} = 1,46 \times H_d^{0,46} \times (p_v + 1,5)^{0,54} + 0,27 \times H_d$$

onde:

H_d	Altura de energia máxima sobre a crista do vertedouro, em m
p_v	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação, em m

O **comprimento total** do vertedouro, L_{vt} (m), é dado pela expressão:

$$\text{para vertedouros com bacia de dissipação e com adufa: } L_{vt} = L_{og} + L_{bd}$$

$$\text{para vertedouros com bacia de dissipação e sem adufa: } L_{vt} = L_{ov} + L_{bd}$$

$$\text{para vertedouros com salto de esquí e com adufa: } L_{vt} = L_{og} + L_{se}$$

$$\text{para vertedouros com salto de esquí e sem adufa: } L_{vt} = L_{ov} + L_{se}$$

onde:

L_{og}	Comprimento da ogiva com adufa, em m
L_{ov}	Comprimento da ogiva sem adufa, em m
L_{bd}	Comprimento da bacia de dissipação, definido adiante, em m
L_{sc}	Comprimento do salto de esquí na fundação, definido adiante, em m

Bacia de Dissipação

A **largura da bacia de dissipação**, B_{bd} (m), é dada pela expressão:

$$B_{bd} = B_{uvt}$$

onde:

B_{uvt}	Largura útil do vertedouro, em m
-----------	----------------------------------

A determinação da **profundidade da bacia de dissipação** é iterativa e baseada no número de Froude antes do ressalto hidráulico, na seção 1 da Figura 5.7.5.03, para a vazão de cheia centenária.

Arbitra-se, inicialmente, uma cota para o fundo da bacia de dissipação e verifica-se a adequação do valor arbitrado, calculando a **velocidade**, v_1 (m/s), a **profundidade do escoamento**, y_1 (m), e o **número de Froude**, Fr_1 , antes do ressalto hidráulico, a **profundidade do escoamento** após o ressalto, y_2 (m), e finalmente a **cota do fundo da bacia**.

Caso a cota do fundo da bacia de dissipação difira daquela arbitrada inicialmente, os cálculos deverão ser refeitos até se atingir a precisão desejada.

$$v_1 = \sqrt{k \times 2 \times g \times (NA_{xmx} - EI_{bd})} \quad y_1 = \frac{Q_c}{B_{bd} \times v_1}$$

$$Fr_1 = \frac{v_1}{\sqrt{g \times y_1}} \quad y_2 = \left(\frac{y_1}{2}\right) \times \left(\sqrt{1 + 8 \times Fr_1^2} - 1\right)$$

$$EI_{bd} = NA_{ccr} - y_2$$

onde:

v_1	Velocidade média do escoamento antes do ressalto hidráulico, em m/s
k	0,9 – coeficiente redutor da altura de energia
g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
NA_{xmx}	Nível d'água máximo maximorum do reservatório, em m
EI_{bd}	Cota do fundo da bacia de dissipação, em m
y_1	Profundidade do escoamento antes do ressalto hidráulico, em m
Q_c	Vazão de cheia centenária, em m ³ /s
B_{bd}	Largura da bacia de dissipação, em m
Fr_1	Número de Froude antes do ressalto hidráulico
y_2	Profundidade do escoamento após o ressalto hidráulico, em m
NA_{ccr}	Nível d'água no canal de restituição para cheia centenária, em m

O **raio de curvatura na entrada da bacia de dissipação**, R_{bd} (m), é dado pela expressão (PETERKA):

$$R_{bd} = 6 \times y_1$$

onde:

y_1	Profundidade do escoamento antes do ressalto hidráulico, em m
-------	---

O **comprimento da bacia de dissipação**, L_{bd} (m), é dado pela expressão:

$$L_{bd} = 6 \times y_2 + 0,75 \times (EI_{ca} - EI_{bd}) + 0,5 \times R_{bd} - 1,1$$

onde:

y_2	Profundidade do escoamento após o ressalto hidráulico, em m
EI_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
EI_{bd}	Cota do fundo da bacia de dissipação, em m
R_{bd}	Raio de curvatura na entrada da bacia de dissipação, em m

Salto de Esqui

A **largura do salto de esqui**, B_{se} (m), é dada pela expressão:

$$B_{se} = B_{uvt}$$

onde:

B_{uvr}	Largura útil do vertedouro, em m
-----------	----------------------------------

A **cota da soleira do salto de esqui**, El_{se} , é dada pela expressão:

$$El_{se} = NA_{ccr} + 1,0 \geq El_{cr}$$

onde:

NA_{ccr}	Nível d'água no canal de restituição para cheia centenária, em m
El_{cr}	Cota do fundo do canal de restituição, em m

No caso de as adufas estarem localizadas no corpo do vertedouro, a **cota da soleira do salto de esqui**, El_{se} , deverá estar numa cota acima do teto das adufas de desvio, como mostra a Figura 5.7.5.04:

$$El_{se} \geq El_{ca} + 1,25 \times H_{ad}$$

onde:

El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
H_{ad}	Altura das adufas de desvio, em m

O **raio de curvatura do salto de esqui**, R_{sc} (m), é dado pela expressão (PETERKA):

$$R_{se} = 6 \times y$$

sendo:

$$y = \frac{Q_c}{B_{se} \times v} \quad v = \sqrt{k \times 2 \times g \times (NA_{xmx} - El_{se})}$$

onde:

y	Profundidade da lâmina de água no salto de esqui, em m
Q_c	Vazão de cheia centenária, em m^3/s
B_{se}	Largura do salto de esqui, em m
v	Velocidade da lâmina de água no salto de esqui, em m/s
k	0,9 – coeficiente redutor da altura de energia
g	$9,81 m/s^2$ – aceleração da gravidade
NA_{xmx}	Nível d'água máximo maximorum do reservatório, em m
El_{sc}	Cota da soleira do salto de esqui, em m

O **comprimento do salto de esqui na fundação**, L_{se} (m), é dado pela expressão:

$$L_{se} = d_{16} + 1,286 \times R_{se} - d_{12} \geq 0$$

sendo:

$$d_{16} = 1,46 \times H_d^{0,46} \times (p_v - h_5)^{0,54}$$

$$d_{12} = 1,46 \times H_d^{0,46} \times (p_v + 1,5)^{0,54}$$

$$h_5 = El_{se} + 0,6 \times R_{se} - El_{ca}$$

onde:

R_{sc}	Raio de curvatura do salto de esqui, em m
H_d	Altura de energia máxima sobre a crista do vertedouro, em m
p_v	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação, em m
El_{sc}	Cota da soleira do salto de esqui, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
d_i, h_i	Dimensões auxiliares, em m

Escavação Comum (Conta .12.19.30.12.10)

O volume de escavação comum, V_{vt} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{vt} = V_{tca} + V_{tes} + V_{tcr}$$

sendo:

$$V_{tca} = \left(\frac{V_{tai0}}{2} + V_{tai1} + V_{tai2} \right) \times \frac{L_{ca}}{3} + V_{tad}$$

$$V_{tes} = L_{vt} \times e_{te} \times B_{vt} \qquad V_{tcr} = \left(\frac{V_{tr0}}{2} + V_{tr1} + V_{tr2} \right) \times \frac{L_{cr}}{3}$$

$$V_{tai} = \left[B_{ca} - 6 + 2 \times (0,6 \times h_{rai} + e_{te}) \right] \times e_{te}$$

$$h_{rai} = El_{tai} - El_{ca} - e_{te}, \quad i = 0, 1, 2$$

$$B_{ca} = B_{vt} - 2 \times (e_{pe} - 1,0) \qquad V_{tad} = (L_{cad} - L_{ca}) \times e_{te} \times (B_{ad} - e_{pl})$$

$$V_{tri} = \left[B_{cr} - 6 + 2 \times (0,6 \times h_{rri} + e_{te}) \right] \times e_{te}$$

$$h_{rri} = El_{tri} - El_{cr} - e_{te}, \quad i = 0, 1, 2$$

para bacia de dissipação: $B_{cr} = B_{bd} + 2 \times 1,0$

para salto de esqui: $B_{cr} = B_{se} + 2 \times 1,0$

onde:

V_{tca}	Volume de escavação comum no canal de aproximação, em m ³
V_{tes}	Volume de escavação comum na estrutura, em m ³
V_{tcr}	Volume de escavação comum no canal de restituição, em m ³
V_{tai}	Volume de escavação comum por metro na seção i do canal de aproximação, em m ³ /m
L_{ca}	Comprimento do canal de aproximação na parte sem adufas, em m
V_{tad}	Volume adicional de escavação comum no canal de aproximação devido às adufas, em m ³
B_{vt}	Largura total do vertedouro, em m
e_{te}	Espessura média da camada de solo na área do vertedouro propriamente dito, em m
L_{vt}	Comprimento total do vertedouro, em m
V_{tri}	Volume de escavação comum por metro na seção i do canal de restituição, em m ³ /m
L_{cr}	Comprimento do canal de restituição, em m
B_{ca}	Largura do fundo do canal de aproximação, em m
h_{rai}	Profundidade da escavação em rocha na seção i do canal de aproximação, em m
El_{tai}	Cota média do terreno na seção i do canal de aproximação
El_{cv}	Cota do fundo do canal de aproximação ao vertedouro, fora das adufas
e_{pe}	Espessura dos pilares extremos do vertedouro, em m
L_{cad}	Comprimento médio do canal de aproximação na parte com adufas, em m
B_{ad}	Largura total das adufas, em m
e_{pl}	Espessura dos pilares das adufas, em m
B_{cr}	Largura do fundo do canal de restituição, em m
h_{rri}	Profundidade da escavação em rocha na seção i do canal de restituição, em m
El_{tri}	Cota média do terreno na seção i transversal ao eixo longitudinal do canal de restituição, em m
El_{cr}	Cota do fundo do canal de restituição, em m

B_{bd}	Largura da bacia de dissipação, em m
B_{sc}	Largura do salto de esqui, em m

O preço unitário de **escavação comum** é de R\$ 7,60/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do vertedouro, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (Conta .12.19.30.12.11)

A Figura 5.7.5.10 apresenta cortes típicos mostrando a escavação nos canais de aproximação e restituição.

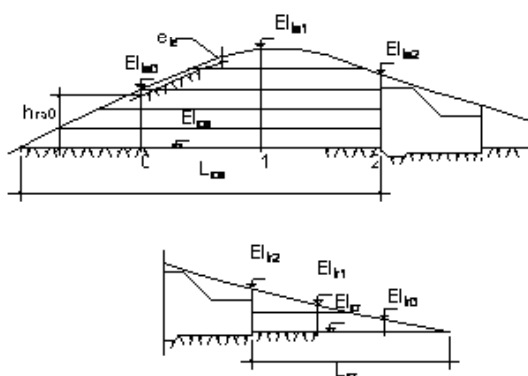


Figura 5.7.5.10 – Escavação no canal de aproximação e de restituição.

O volume de escavação em rocha no vertedouro, V_{rvt} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{rvt} = V_{rca} + V_{rog} + V_{rpj} + V_{rde} + V_{rcr}$$

sendo:

$$V_{rca} = \left(\frac{V_{ra0}}{2} + V_{ra1} + V_{ra2} \right) \times \frac{L_{ca}}{3} + V_{rad}$$

$$V_{rcr} = \left(\frac{V_{rr0}}{2} + V_{rr1} + V_{rr2} \right) \times \frac{L_{cr}}{3}$$

$$V_{rai} = (B_{ca} - 6 + 0,6 \times h_{rai}) \times h_{rai}$$

$$V_{rri} = (B_{cr} - 6 + 0,6 \times h_{rri}) \times h_{rri}$$

$$h_r = El_{te} - e_{te} - (El_{ca} - 1,5)$$

$$h_{rv} = El_{te} - e_{te} - (El_{cv} - 1,5)$$

para vertedouros sem adufa:

$$V_{rog} = (L_{ov} \times h_{rv} + 23) \times B_{vt} \quad V_{rad} = 0$$

e com bacia de dissipação:

$$V_{rpi} = d_1 \times \left(\frac{h_{rv} + h_{rb}}{2} + 0,167 \times H_d \right) \times (B_{bd} + 2,0)$$

e com salto de esqui:

$$V_{rpi} = d_7 \times \left(\frac{h_{rv} + h_{rs}}{2} + 0,167 \times H_d \right) \times (B_{se} + 2,0)$$

$$V_{rde} = d_8 \times h_{rs} \times (B_{se} + 2,0)$$

para vertedouros com adufa:

$$V_{rog} = (L_{ov} \times h_{rv} + 23) \times (B_{vt} - B_{ad}) + (L_{og} \times h_r + 23) \times B_{ad}$$

$$V_{rad} = \frac{L_{cad} + L_{ca}}{2} \times (El_{cv} - El_{ca}) \times (B_{ad} - e_{pl}) - V_{tad}$$

e com bacia de dissipação:

$$V_{rpi} = d_1 \times \left(\frac{h_{rv} + h_{rb}}{2} + 0,167 \times H_d \right) \times (B_{bd} + 2,0 - B_{ad}) + d_2 \times \left(\frac{h_r + h_{rb}}{2} + 0,167 \times H_d \right) \times B_{ad}$$

$$d_2 = 0,75 \times [El_{ca} - 1,5 - (El_{bd} - e_c)]$$

e com salto de esqui:

$$V_{rpi} = d_7 \times \left(\frac{h_{rv} + h_{rs}}{2} + 0,167 \times H_d \right) \times (B_{se} + 2,0 - B_{ad})$$

$$V_{rde} = d_8 \times h_{rs} \times (B_{se} + 2,0 - B_{ad}) + L_{se} \times h_r \times B_{ad}$$

para qualquer vertedouro com bacia de dissipação:

$$V_{rde} = V_{rbd} + V_{rmc} + V_{rbe}$$

$$V_{rbd} = L_{bd} \times h_{rb} \times (B_{bd} + 2,0)$$

$$V_{rmc} = 2 \times (L_{bd} + d_4) \times 0,5 \times h_1 \times 1,5 + 2 \times (d_3 - d_4) \times 0,5 \times \frac{h_1 + h_2}{2} \times 1,5$$

$$V_{rbe} = 2 \times (L_{bd} + d_4) \times 0,3 \times h_{re}^2$$

$$h_{rb} = El_{te} - e_{te} - (El_{bd} - e_c)$$

$$h_1 = NA_{cgr} + 2,0 - (El_{tde} - e_{te}) \geq 0$$

$$h_2 = NA_{max} + 0,12 \times H_d - (El_{tde} - e_{te}) \geq 0$$

$$d_1 = 0,75 \times [El_{cv} - 1,5 - (El_{bd} - e_c)]$$

$$d_3 = 0,75 \times [NA_{max} - 0,83 \times H_d - (El_{bd} - e_c)]$$

$$d_4 = 0,75 \times (y_2 + 2,0 + e_c - 0,95 \times H_d) \leq d_3$$

$$h_{re} = El_{te} - e_{te} - (NA_{ccr} - 5,0) \geq 0$$

para qualquer vertedouro com salto de esqui:

$$h_{rs} = El_{te} - e_{te} - (El_{se} - 0,25 \times H_d)$$

$$d_7 = 1,46 \times H_d^{0,46} \times \left[(\rho_v - h_4)^{0,54} - (\rho_{vv} + 1,5)^{0,54} \right]$$

$$h_4 = El_{se} - 0,25 \times H_d - El_{ca}$$

$$d_8 = 0,986 \times R_{se} - 0,188 \times H_d$$

onde:

V_{rca}	Volume de escavação em rocha no canal de aproximação, em m^3
V_{rog}	Volume de escavação em rocha na área da ogiva, em m^3
V_{rpi}	Volume de escavação em rocha na área do paramento de jusante da ogiva, em m^3
V_{rde}	Volume de escavação em rocha na área da bacia de dissipação ou do salto de esqui, em m^3
V_{rcr}	Volume de escavação em rocha no canal de restituição, em m^3
V_{rai}	Volume de escavação em rocha por metro na seção i do canal de aproximação, em m^3/m
L_{cad}	Comprimento médio do canal de aproximação na parte com adufas, em m
V_{rad}	Volume adicional de escavação em rocha no canal de aproximação devido às adufas, em m^3
V_{rri}	Volume de escavação em rocha por metro na seção i do canal de restituição, em m^3/m
L_{cr}	Comprimento médio do canal de restituição, em m
B_{ca}	Largura do fundo do canal de aproximação, em m
h_{rai}	Profundidade da escavação em rocha na seção i do canal de aproximação, em m
B_{cr}	Largura do fundo do canal de restituição, em m
h_{rri}	Profundidade da escavação em rocha na seção i do canal de restituição, em m
h_r	Profundidade média de escavação em rocha na ogiva na parte com adufas, em m
El_{te}	Cota média do terreno na área do vertedouro propriamente dito, em m
e_{te}	Espessura média da camada de solo na área do vertedouro, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
h_{rv}	Profundidade média de escavação em rocha na ogiva na parte sem adufas, em m
El_{cv}	Cota do fundo do canal de aproximação ao vertedouro, fora das adufas, em m
L_{ov}	Comprimento da ogiva na parte sem adufas, em m
B_{vt}	Largura total do vertedouro, em m
h_{rb}	Profundidade média de escavação em rocha na bacia de dissipação, em m
H_d	Altura de energia máxima sobre a crista do vertedouro, em m
B_{bd}	Largura da bacia de dissipação, em m
L_{bd}	Comprimento da bacia de dissipação, em m
h_{rs}	Profundidade média de escavação em rocha no salto de esqui na parte sem adufas, em m
B_{se}	Largura do salto de esqui, em m
B_{ad}	Largura total das adufas, em m
L_{og}	Comprimento da ogiva na parte com adufas, em m
L_{ca}	Comprimento médio do canal de aproximação na parte sem adufas, em m
e_{pl}	Espessura dos pilares das adufas, em m
V_{rad}	Volume adicional de escavação comum no canal de aproximação devido às adufas, em m^3
El_{bd}	Cota do fundo da bacia de dissipação, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto da soleira da bacia de dissipação, em m
L_{se}	Comprimento do salto de esqui na fundação, em m

V_{rbd}	Volume de escavação em rocha na área da bacia de dissipação, em m^3
V_{rmc}	Volume de escavação em rocha na área contraforte dos muros da bacia de dissipação ou do salto de esqui, em m^3
V_{rbe}	Volume de escavação em rocha em bermas na área da bacia de dissipação, em m^3
h_{re}	Profundidade média de escavação em rocha em bermas na área da bacia de dissipação, em m
NA_{ccr}	Nível d'água no canal de restituição para cheia centenária, em m
El_{tde}	Cota média do terreno na área da bacia de dissipação ou salto de esqui, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
y_2	Profundidade do escoamento após o ressalto hidráulico, em m
El_{sc}	Cota da soleira do salto de esqui, em m
p_v	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação às adufas, em m
p_{vv}	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação ao vertedouro, em m
R_{sc}	Raio de curvatura do salto de esqui, em m
d_i, h_i	Dimensões auxiliares, em m

O preço unitário de **escavação em rocha** é de R\$ 21,00/ m^3 , referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do vertedouro, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (Conta .12.19.30.13)

A **área de limpeza da fundação**, A_{lf} (m^2), é dada pela expressão:

$$A_{lf} = B_{vt} \times L_{vt}$$

onde:

B_{vt}	Largura total do vertedouro, em m
L_{vt}	Comprimento total do vertedouro, em m

O **comprimento da injeção de cimento** e também **da linha de drenagem** no vertedouro, L_{1ff} (m), é dado pela expressão:

$$L_{1ff} = \frac{B_{vt}}{3,0} \times L_{1ff}$$

$$L_{1ff} = 1,5 \times (NA_{xmx} - El_{cv}) \leq 40 \text{ m}$$

onde:

B_{vt}	Largura total do vertedouro, em m
L_{1ff}	Comprimento de um furo de injeção de cimento, em m
NA_{xmx}	Nível d'água máximo maximum do reservatório, em m
El_{cv}	Cota do fundo do canal de aproximação ao vertedouro, fora das adufas, em m
3,0	Espaçamento entre os furos, em m

O **comprimento total dos chumbadores** na bacia de dissipação, L_{tfc} (m), quando for o caso, é dado pela expressão:

$$L_{tfc} = B_{bd} \times L_{bd}$$

onde:

B_{bd}	Largura da bacia de dissipação, em m
L_{bd}	Comprimento da bacia de dissipação, em m

Os preços unitários dos serviços correspondentes a **limpeza e tratamento de fundação** – expressos em reais, referidos a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste –, incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/m²
- Furo roto-percussivo: 168,00/m
- Injeção com calda de cimento: 72,00/m
- Chumbador: 241,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (Conta .12.19.30.14)

O **volume de concreto** do vertedouro, V_{cvt} (m³), é dado pela expressão (COPEL, 1983 e 1996):

$$V_{cvt} = V_{cog} + V_{cpj} + V_{cpl} + V_{cpo} + V_{cde} + V_{cmv} + V_{cmc}$$

sendo:

$$V_{cpl} = 2 \times (1,21 \times H_d^2 + 18,4 \times H_d + 25) \times e_{pe}$$

$$V_{cpo} = 6 \times B_{vt}$$

para vertedouros sem adufa:

$$V_{cog} = [0,944 \times H_d^{0,46} \times (p_{vv} + 1,5)^{1,54} + 0,27 \times p_{vv} \times H_d - 0,007 \times H_d^2 + 0,40 \times H_d + 18] \times B_{vt}$$

e com bacia de dissipação:

$$V_{cpj} = d_1 \times 0,167 \times H_d \times (B_{bd} + 2,0)$$

e com salto de esqui:

$$V_{cpj} = 1,25 \times H_d \times h_5 \times (B_{se} + 2,0)$$

$$V_{csb} = 0$$

para vertedouros com adufa:

$$V_{cog} = [0,944 \times H_d^{0,46} \times (p_{vv} + 1,5)^{1,54} + 0,27 \times p_{vv} \times H_d] \times (B_{vt} - B_{ad}) + [0,944 \times H_d^{0,46} \times (p_v + 1,5)^{1,54} + 0,27 \times p_v \times H_d] \times B_{ad} + (-0,007 \times H_d^2 + 0,40 \times H_d + 18) \times B_{vt}$$

e com bacia de dissipação:

$$V_{cpj} = d_1 \times 0,167 \times H_d \times (B_{bd} + 2,0 - B_{ad}) + d_2 \times 0,167 \times H_d \times B_{ad}$$

$$d_2 = 0,75 \times [El_{ca} - 1,5 - (El_{bd} - e_c)]$$

e com salto de esqui:

$$V_{cpj} = 1,25 \times H_d \times h_5 \times (B_{se} + 2,0 - B_{ad})$$

$$V_{csb} = \left(\frac{d_9}{2} + L_{se} \right) \times (h_4 + 1,5) \times (B_{se} + 2,0)$$

$$d_9 = 1,46 \times H_d^{0,46} \times \left[(p_v + 1,5)^{0,54} - (p_v - h_4)^{0,54} \right]$$

$$h_4 = El_{se} - 0,25 \times H_d - El_{ca}$$

para qualquer vertedouro com bacia de dissipação:

$$V_{cde} = (L_{bd} \times e_c + 0,036 \times R_{bd}^2 - 0,375 \times e_c^2) \times (B_{bd} + 2,0)$$

$$V_{cmv} = 2 \times \left[(d_5 \times 0,95 \times H_d \times 1,0) + \frac{d_6^2}{2 \times 0,75} \right] + 2 \times L_{bd} \times (y_2 + 2,0) \times 1,0$$

$$V_{cmc} = 2 \times \left(L_{bd} + \frac{d_3 + d_4}{2} \right) \times (0,25 \times h_1^2 + 0,75 \times h_1) + 2 \times \frac{d_3 - d_4}{2} \times (0,25 \times h_2^2 + 0,75 \times h_2)$$

$$d_1 = 0,75 \times [El_{cv} - 1,5 - (El_{bd} - e_c)]$$

$$d_5 = 0,75 \times [NA_{max} - 1,0 \times H_d - (El_{bd} - e_c)]$$

$$d_6 = 0,75 \times (y_2 + 2,0 + e_c - 0,95 \times H_d)$$

$$d_3 = 0,75 \times [NA_{max} - 0,83 \times H_d - (El_{bd} - e_c)]$$

$$d_4 = 0,75 \times (y_2 + 2,0 + e_c - 0,95 \times H_d) \leq d_3$$

$$h_1 = NA_{ccr} + 2,0 - (El_{tde} - e_{te}) \geq 0$$

$$h_2 = NA_{max} + 0,12 \times H_d - (El_{tde} - e_{te}) \geq 0$$

para qualquer vertedouro com salto de esqui:

$$V_{cde} = V_{csd} + V_{csb}$$

$$V_{csd} = (0,116 \times R_{se}^2 + 0,247 \times H_d \times R_{se} - 0,023 \times H_d^2) \times (B_{se} + 2,0)$$

$$V_{cmv} = 2 \times (d_{11} \times 1,6 \times y \times 1,0 + d_{13} \times 0,95 \times H_d \times 1,0)$$

$$V_{cmc} = 2 \times \left(d_{11} + \frac{d_{10}}{2} \right) \times (0,25 \times h_3^2 + 0,75 \times h_3) + 2 \times \frac{d_{10}}{2} \times (0,25 \times h_2^2 + 0,75 \times h_2)$$

$$h_5 = El_{cv} - 1,5 - (El_{se} - 0,25 \times H_d) \geq 0$$

$$d_{10} = 0,75 \times [NA_{max} + 0,12 \times H_d - (El_{se} - 1,6 \times y)] \geq 0$$

$$d_{11} = d_{12} + L_{se} - 1,46 \times H_d - d_{13}$$

$$d_{12} = 1,46 \times H_d^{0,46} \times (p_v + 1,5)^{0,54}$$

$$d_{13} = 0,75 \times [NA_{max} - 0,05 \times H_d - (El_{se} - 1,6 \times y)] \geq 0$$

$$h_3 = El_{se} - 1,6 \times y - (El_{tde} - e_{te}) \geq 0$$

$$h_2 = NA_{max} + 0,12 \times H_d - (El_{tde} - e_{te}) \geq 0$$

onde:

V_{cog}	Volume de concreto da ogiva, em m^3
V_{cpo}	Volume de concreto da ponte, em m^3
V_{cpi}	Volume de concreto do paramento de jusante da ogiva, em m^3
V_{cpl}	Volume de concreto dos pilares, em m^3
V_{cde}	Volume de concreto da bacia de dissipação ou do salto de esqui, em m^3
V_{cmv}	Volume de concreto do revestimento vertical na bacia de dissipação ou no salto de esqui, em m^3
V_{cmc}	Volume de concreto dos muros da bacia de dissipação ou do salto de esqui, em m^3
H_d	Altura de energia máxima sobre a crista do vertedouro, em m
e_{pe}	Espessura dos pilares extremos, em m
B_{vt}	Largura total do vertedouro, em m
p_{vv}	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação ao vertedouro, em m
B_{bd}	Largura da bacia de dissipação, em m
B_{sc}	Largura do salto de esqui, em m
B_{ad}	Largura total das adufas, em m
p_v	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação às adufas, em m
El_{bd}	Cota do fundo da bacia de dissipação, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto da soleira da bacia de dissipação, em m
L_{sc}	Comprimento do salto de esqui na fundação, em m
El_{sc}	Cota da soleira do salto de esqui, em m
L_{bd}	Comprimento da bacia de dissipação, em m
R_{bd}	Raio de curvatura na entrada da bacia de dissipação, em m
y_2	Profundidade do escoamento após o ressalto hidráulico, em m
El_{cv}	Cota do fundo do canal de aproximação ao vertedouro, fora das adufas, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
NA_{ccr}	Nível d'água no canal de restituição para cheia centenária, em m
El_{tde}	Cota média do terreno na área da bacia de dissipação ou salto de esqui, em m
e_{te}	Espessura média da camada de solo na área do vertedouro propriamente dito, em m
V_{csd}	Volume de concreto do defletor do salto de esqui, em m^3
V_{csb}	Volume de concreto abaixo do defletor, em m^3
R_{sc}	Raio de curvatura do salto de esqui, em m
y	Profundidade do escoamento no salto de esqui, em m
d_i, h_i	Dimensões auxiliares, em m

No caso de as adufas estarem localizadas no corpo do vertedouro, dever-se-á considerar o **acréscimo de volume de concreto devido a adufas**, V_{cad} (m^3), dado pela expressão:

$$V_{cad} = V_{cac} + V_{cpl} - V_{cae}$$

sendo:

$$V_{cac} = (0,24 \times H_{ad} + 2) \times B_{ad}$$

$$V_{cpl} = (0,16 \times H_{ad}^2 + 2,7 \times H_{ad} + 8) \times (N_{ad} + 1) \times e_{pa}$$

$$V_{cae} = (0,38 \times H_{ad} + 0,2) \times H_{ad} \times N_{ad} \times B_{1ad}$$

onde:

V_{cac}	Volume de concreto de parte da soleira das adufas, em m^3
V_{cpl}	Volume de concreto dos pilares das adufas a montante do paramento da barragem, em m^3
V_{cae}	Volume de concreto das entradas das adufas, em m^3
H_{ad}	Altura das adufas, em m
B_{ad}	Largura total das adufas, em m
N_{ad}	Número de adufas
e_{pa}	Espessura dos pilares das adufas, em m
B_{lad}	Largura de uma adufa, em m

Ainda no caso de o desvio ser feito por adufas no vertedouro, o **volume de concreto com taxas de cimento e armadura maiores** que as da ogiva do vertedouro, V_{cen} (m^3), é dado pela expressão:

$$V_{cen} = V_{cet} + V_{ces} + V_{cep}$$

sendo, para bacia de dissipação:

$$V_{cet} = (0,27 \times H_d + d_{14}) \times 0,25 \times H_{ad} \times B_{ad}$$

$$V_{ces} = (0,27 \times H_d + d_{15}) \times 1,5 \times B_{ad}$$

$$V_{cep} = \left(0,27 \times H_d + \frac{d_{14} + d_{15}}{2} \right) \times H_{ad} \times (N_{ad} + 1) \times e_{pa}$$

$$d_{14} = 1,46 \times H_d^{0,46} \times (p_v - H_{ad})^{0,54}$$

$$d_{15} = 1,46 \times H_d^{0,46} \times p_v^{0,54}$$

sendo, para dissipador de energia em salto de esqui:

$$V_{cet} = (L_{vt} - d_0) \times 0,25 \times H_{ad} \times B_{ad}$$

$$V_{ces} = L_{vt} \times 1,5 \times B_{ad}$$

$$V_{cep} = \left(L_{vt} - \frac{d_0}{2} \right) \times H_{ad} \times (N_{ad} + 1) \times e_{pa}$$

$$d_0 = (L_{vt} - 0,27 \times H_d - d_{16} - 0,836 \times R_{se} + 0,15 \times H_d) \times \frac{H_{ad}}{h_4}$$

$$d_{16} = 1,46 \times H_d^{0,46} \times (p_v - h_4)^{0,54}$$

$$h_4 = El_{se} - 0,25 \times H_{ad} - El_{ca}$$

onde:

V_{cet}	Volume de concreto do teto das adufas, em m^3
V_{ces}	Volume de concreto da soleira das adufas, em m^3
V_{cep}	Volume de concreto dos pilares das adufas, em m^3
H_d	Carga hidrostática sobre a crista da ogiva, em m
H_{ad}	Altura das adufas, em m
B_{ad}	Largura total das adufas, em m
N_{ad}	Número de adufas
e_{pa}	Espessura dos pilares extremos do vertedouro, em m
p_v	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação às adufas, em m

L_{vt}	Comprimento total do vertedouro, em m
R_{sc}	Raio de curvatura do salto de esqui, em m
El_{sc}	Cota da soleira do salto de esqui, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação às adufas, em m
d_i, h_i	Dimensões auxiliares, em m

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m ³)	Armadura (kg/m ³)
Ogiva, contraforte, abaixo do defletor, soleira e entrada das adufas	200	20
Tamponamento	220	20
Bacia de dissipação e defletor	270	50
Pilares e muros	270	80
Ponte	300	100

O preço unitário do **cimento** é de R\$ 348,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da **armadura** é de R\$ 4.327,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do **concreto sem cimento** expressos em reais por metro cúbico do volume do vertedouro e referidos a dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Ogiva, contraforte, abaixo do defletor: 113,00/m³
- Pilares, muros, bacia de dissipação e defletor: 200,00/m³
- Soleira e entrada das adufas e concreto com taxas maiores: 113,00/m³

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressivas, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobilização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

VERTEDOUROS LIVRES DE SUPERFÍCIE DO TIPO DE ENCOSTA (CONTA .12.18.28)

Dados Básicos

As principais **informações utilizadas para dimensionamento** vêm do arranjo geral e do item 5.1.2. (Dados Hidrometeorológicos) e são as seguintes:

- Vazão de projeto do vertedouro, Q_v em m³/s, do item 5.1.2.
- Vazão da cheia centenária, Q_c em m³/s, do item 5.1.2.
- Nível d'água máximo maximorum do reservatório, NA_{xmx} , do item 5.1.2.
- Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.6.
- Cota do fundo do canal de aproximação, El_{ca} , do item 5.7.3.

- Inclinação do paramento de montante da ogiva, distância horizontal para um desnível de 1,0 m, m_m em m.
- Declividade da calha, tangente do valor absoluto do ângulo com a horizontal, i_{cl} .
- Nível d'água no canal de restituição para vazão centenária, NA_{ccr} , do item 5.1.2.
- Cota da soleira do salto de esqui, El_{se} , quando for o caso.

As principais **informações utilizadas para quantificação** são as seguintes:

- Cota média do terreno na área do vertedouro propriamente dito, incluindo o dissipador de energia, El_{tc} , em m;
- Cota média do terreno na área da calha, exclusivamente, El_{tc} , em m.
- Cota média do terreno na área da bacia de dissipação ou salto de esqui, exclusivamente, El_{tde} , em m.
- Espessura média da camada de terra na área do vertedouro propriamente dito, e_{tc} em m.
- Cota média do terreno na seção i – 0, 1 e 2 – transversal ao eixo longitudinal do canal de aproximação, El_{tai} , em m.
- Cota média do terreno na seção i – 0, 1 e 2 – transversal ao eixo longitudinal do canal de restituição, El_{tir} , em m.
- Cota do fundo do canal de restituição, El_{cr} , em m
- Comprimento médio do canal de aproximação, L_{ca} , em m
- Comprimento médio do canal de restituição, L_{cr} , em m
- Espessura do revestimento de concreto da soleira da bacia de dissipação, e_c , em m, quando for o caso.

Considerações e Recomendações

Este texto refere-se a um vertedouro com seção típica apresentada na Figura 5.7.5.11 ou 5.7.5.12.

Para **declividade da calha**, na ausência de melhores informações, recomenda-se adotar 10%.

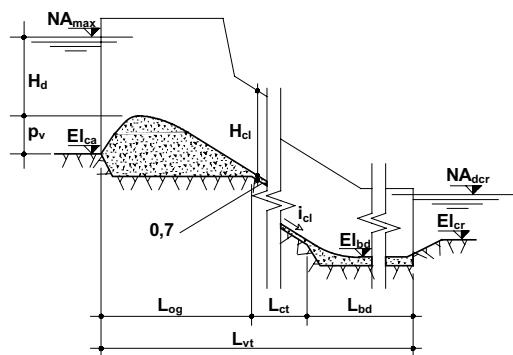


Figura 5.7.5.11 – Seção típica e planta de vertedouro livre do tipo de encosta com bacia de dissipação.

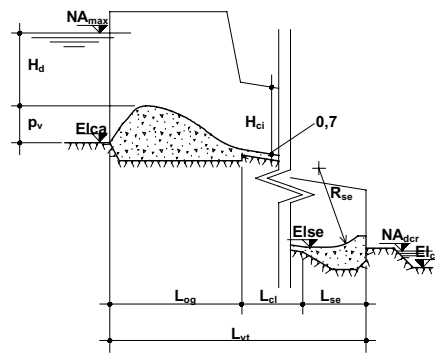


Figura 5.7.5.12 – Seção típica de vertedouro livre do tipo de encosta com salto de esqui.

No **dimensionamento da bacia de dissipação**, recomenda-se que o número de Froude antes do ressalto hidráulico fique entre 4,5 e 9,0, para assegurar um ressalto estável. Para aumentar o número de Froude para 4,5, pode-se, por exemplo, diminuir a cota do fundo da bacia de dissipação além do resultado pelo cálculo. Para diminuir o número de Froude para 9,0, pode-se, por exemplo, estreitar a largura da bacia de dissipação.

Para **espessura do revestimento de concreto do fundo da bacia de dissipação**, na ausência de melhores informações, dever-se-á adotar 1,0m.

Coefficiente de Descarga

O **coeficiente de descarga**, C_d , para o perfil típico recomendado é obtido no Gráfico 5.7.5.03 (Bureau of Reclamation, 1977) ou pelas expressões equivalentes:

para $m_m = 1,0$ e $0,100 < z \leq 0,524$:

$$C_d = 1,9507 \times z^3 - 2,9011 \times z^2 + 1,5498 \times z + 1,8274$$

para $m_m = 1,0$ e $0,524 < z \leq 0,813$:

$$C_d = 0,1592 \times z^3 - 0,4409 \times z^2 + 0,4248 \times z + 1,9984$$

para $m_m = 1,0$ e $0,813 < z \leq 1,800$:

$$C_d = 0,0159 \times z + 2,1256$$

para $m_m = 0,67$ e $0,100 < z \leq 0,497$:

$$C_d = 2,5495 \times z^3 - 3,6032 \times z^2 + 1,8832 \times z + 1,7678$$

para $m_m = 0,67$ e $0,497 < z \leq 0,759$:

$$C_d = 0,0242 \times z^3 - 0,1143 \times z^2 + 0,1775 \times z + 2,0734$$

para $m_m = 0,67$ e $0,759 < z \leq 1,800$:

$$C_d = 0,0242 \times z^3 - 0,1143 \times z^2 + 0,1775 \times z + 2,0734$$

para $m_m = 0,3$ e $0,100 < z \leq 0,505$

$$C_d = 2,4283 \times z^3 - 3,5181 \times z^2 + 1,9125 \times z + 1,7265$$

para $m_m = 0,3$ e $0,505 < z \leq 0,755$

$$C_d = 0,2514 \times z^3 - 0,6927 \times z^2 + 0,6896 \times z + 1,9033$$

para $m_m = 0,3$ e $0,755 < z \leq 1,800$

$$C_d = 0,02 \times z^3 - 0,0985 \times z^2 + 0,1782 \times z + 2,0508$$

sendo:

$$z = \frac{p_v}{H_d}$$

$$p_v = NA_{\max} - EI_{ca}$$

$$H_d = NA_{xmx} - NA_{max}$$

onde:

z	Parâmetro adimensional
p_v	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação, em m
H_d	Altura de energia sobre a crista do vertedouro, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
NA_{xmx}	Nível d'água máximo maximorum do reservatório, em m

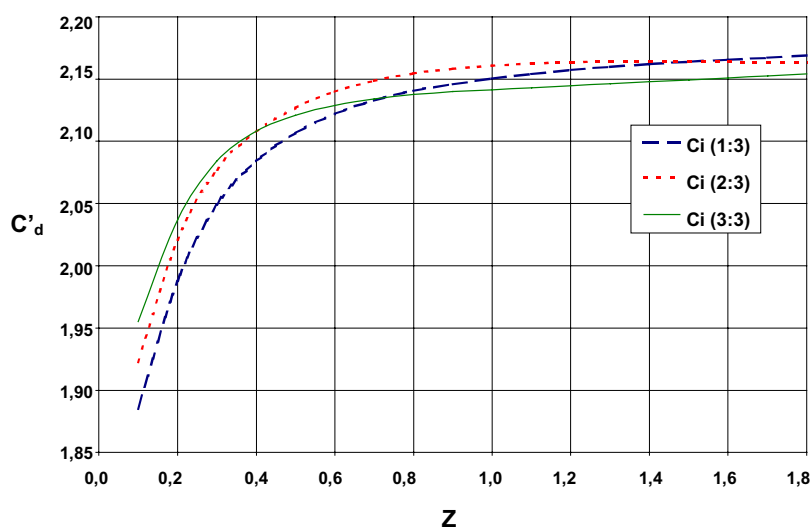


Gráfico 5.7.5.03 – Coeficiente de descarga para vertedouros com paramento de montante inclinado.

Dimensões do vertedouro

A **largura útil** do vertedouro, no sentido transversal ao escoamento, B_{uvt} (m), é dada pela expressão:

$$B_{uvt} = \frac{Q_v}{C_d \times H_d^{3/2}}$$

onde:

Q_v	Vazão de projeto do vertedouro, em m ³ /s
C_d	Coeficiente de descarga
H_d	Altura de energia máxima sobre a crista do vertedouro, em m

A **espessura dos pilares extremos**, e_{pe} (m), é dada pela expressão:

$$e_{pe} = 0,12 \times H_d + 2,4$$

onde:

H_d	Altura de energia máxima sobre a crista do vertedouro, em m
-------	---

A **largura total do vertedouro**, B_{vt} (m), no sentido transversal ao escoamento, é dada pela expressão:

$$B_{vt} = 0,05 \times \text{int} \left[\left(B_{uvt} + 2 \times e_{pe} \right) \times \frac{1}{0,05} + 0,5 \right]$$

onde:

B_{uvt}	Largura útil do vertedouro, em m
e_{pc}	Espessura dos pilares extremos, em m
$\text{int}(x)$	Função que retorna com o inteiro de x

A **largura da calha**, B_{cl} (m), é dada pela expressão:

$$B_{\text{cl}} = B_{\text{uvt}}$$

onde:

B_{uvt}	Largura útil do vertedouro, em m
------------------	----------------------------------

O **comprimento da ogiva** no sentido do escoamento, L_{og} (m), é dado pela expressão:

$$L_{\text{og}} = 1,66 \times H_{\text{d}} + m_{\text{m}} \times p_{\text{v}}$$

onde:

H_{d}	Altura de energia máxima sobre a crista do vertedouro, em m
m_{m}	Inclinação do paramento de montante da ogiva, distância horizontal para um desnível de 1,0 m
p_{v}	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação, em m

O **comprimento da calha**, L_{cl} (m), é dado pela expressão:

$$\text{para bacia de dissipação: } L_{\text{cl}} = \frac{NA_{\text{max}} - 0,69 \times H_{\text{d}} - El_{\text{bd}}}{i_{\text{cl}}}$$

$$\text{para salto de esqui: } L_{\text{cl}} = \frac{NA_{\text{max}} - 0,69 \times H_{\text{d}} - El_{\text{se}} - 0,03 \times R_{\text{se}}}{i_{\text{cl}}}$$

onde:

NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
H_{d}	Altura de energia máxima sobre a crista do vertedouro, em m
El_{bd}	Cota do fundo da bacia de dissipação, definida adiante, em m
El_{sc}	Cota da soleira do salto de esqui, definida adiante, em m
R_{se}	Raio de curvatura do salto de esqui, definido adiante, em m
i_{cl}	Declividade da calha

O **comprimento total** do vertedouro, L_{vt} (m), é dado pela expressão:

$$\text{para bacia de dissipação: } L_{\text{vt}} = L_{\text{og}} + L_{\text{cl}} + L_{\text{bd}}$$

$$\text{para salto de esqui: } L_{\text{vt}} = L_{\text{og}} + L_{\text{cl}} + L_{\text{se}}$$

onde:

L_{og}	Comprimento da ogiva, em m
L_{cl}	Comprimento da calha, em m
L_{bd}	Comprimento da bacia de dissipação, definido adiante, em m
L_{se}	Comprimento do salto de esqui na fundação, definido adiante, em m

Bacia de Dissipação

A **largura da bacia de dissipação**, B_{bd} (m), é dada pela expressão:

$$B_{bd} = B_{uvt}$$

onde:

B_{uvt} Largura útil do vertedouro, em m.

A determinação da **profundidade da bacia de dissipação** é iterativa e baseada no número de Froude antes do ressalto hidráulico, na seção 1 da Figura 5.8.5.03, para a vazão de cheia centenária.

Arbitra-se, inicialmente, uma cota para o fundo da bacia de dissipação e verifica-se a adequação do valor arbitrado, calculando a **velocidade**, v_1 (m/s), a **profundidade do escoamento**, y_1 (m), e o **número de Froude**, Fr_1 , antes do ressalto hidráulico, a **profundidade do escoamento** após o ressalto, y_2 (m), e finalmente a **cota do fundo da bacia**.

Caso a cota do fundo da bacia de dissipação difira daquela arbitrada inicialmente, os cálculos deverão ser refeitos até se atingir a precisão desejada.

$$v_1 = \sqrt{k \times 2 \times g \times (NA_{xmx} - El_{bd})}$$

$$y_1 = \frac{Q_c}{B_{bd} \times v_1} \qquad Fr_1 = \frac{v_1}{\sqrt{g \times y_1}}$$

$$y_2 = \left(\frac{y_1}{2}\right) \times \left(\sqrt{1 + 8 \times Fr_1^2} - 1\right) \qquad El_{bd} = NA_{ccr} - y_2$$

onde:

v_1	Velocidade média do escoamento antes do ressalto hidráulico, em m/s
k	0,9 – coeficiente redutor da altura de energia
g	9,81m/s ² – aceleração da gravidade
NA_{xmx}	Nível d'água máximo maximorum do reservatório, em m
El_{bd}	Cota do fundo da bacia de dissipação, em m
y_1	Profundidade média do escoamento na seção 1, antes do ressalto hidráulico, em m
Q_c	Vazão de cheia centenária, em m ³ /s
B_{bd}	Largura da bacia de dissipação, em m
Fr_1	Número de Froude antes do ressalto hidráulico
y_2	Profundidade do escoamento após o ressalto hidráulico, em m
NA_{ccr}	Nível d'água no canal de restituição para cheia centenária, em m

O **raio de curvatura na entrada da bacia de dissipação**, R_{bd} (m), é dado pela expressão (PETERKA):

$$R_{bd} = 6 \times y_1$$

onde:

y_1 Profundidade do escoamento antes do ressalto hidráulico, em m

O **comprimento da bacia de dissipação**, L_{bd} (m), é dado pela expressão:

$$L_{bd} = 6 \times y_2 + R_{bd} \times \tan\left[\frac{\arctan(i_{cl})}{2}\right]$$

onde:

y_2 Profundidade do escoamento após o ressalto hidráulico, em m
 i_{cl} Declividade da calha, tangente do valor absoluto do ângulo com a horizontal

R_{bd} Raio de curvatura na entrada da bacia de dissipação, em m

Salto de Esqui

A largura do salto de esqui, B_{sc} (m), é dada pela expressão:

$$B_{se} = B_{cl}$$

onde:

B_{cl} Largura da calha, em m

A cota da soleira do salto de esqui, El_{sc} , é dada pela expressão:

$$El_{se} = NA_{ccr} + 1,0 \geq El_{cr}$$

onde:

NA_{ccr} Nível d'água no canal de restituição para cheia centenária, em m

El_{cr} Cota do fundo do canal de restituição, em m

O raio de curvatura do salto de esqui, R_{sc} (m), é dado pela expressão:

$$R_{se} = 6 \times y$$

sendo:

$$y = \frac{Q_c}{B_{se} \times v} \quad v = \sqrt{k \times 2 \times g \times (NA_{xmx} - El_{se})}$$

onde:

y Profundidade da lâmina de água no salto de esqui, em m

Q_c Vazão de cheia centenária, em m³/s

B_{sc} Largura do salto de esqui, em m

v Velocidade da lâmina de água no salto de esqui, em m/s

k 0,9 - coeficiente redutor da altura de energia

g 9,81 m/s² - aceleração da gravidade

NA_{xmx} Nível d'água máximo maximorum do reservatório, em m

El_{sc} Cota da soleira do salto de esqui, em m

O comprimento do salto de esqui, L_{sc} (m), é dado pela expressão:

$$L_{se} = 0,80 \times R_{se} + 1,5$$

onde:

R_{sc} Raio de curvatura do salto de esqui, em m

Escavação Comum (Conta .12.19.30.12.10)

O volume de escavação comum no vertedouro, V_{vt} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{vt} = V_{tca} + V_{tes} + V_{tcr}$$

sendo:

$$V_{tca} = \left(\frac{V_{ta0}}{2} + V_{ta1} + V_{ta2} \right) \times \frac{L_{ca}}{3}$$

$$V_{tai} = [B_{ca} - 6 + 2 \times (0,6 \times h_{rai} + e_{te})] \times e_{te}$$

$$h_{rai} = El_{tai} - El_{ca} - e_{te}, \quad i = 0, 1, 2$$

$$B_{ca} = B_{vt} - 2 \times (e_{pl} - 1,0)$$

$$V_{tes} = L_{vt} \times e_{te} \times B_{vt}$$

$$V_{tcr} = \left(\frac{V_{tr0}}{2} + V_{tr1} + V_{tr2} \right) \times \frac{L_{cr}}{3}$$

$$V_{tri} = \left[B_{cr} - 6 + 2 \times (0,6 \times h_{rri} + e_{te}) \right] \times e_{te}$$

$$h_{rri} = El_{tri} - El_{cr} - e_{te}, \quad i = 0, 1, 2$$

para bacia de dissipação: $B_{cr} = B_{bd} + 2 \times 1,0$

para salto de esqui: $B_{cr} = B_{se} + 2 \times 1,0$

onde:

V_{tca}	Volume de escavação comum no canal de aproximação, em m^3
V_{tes}	Volume de escavação comum na estrutura, em m^3
V_{tcr}	Volume de escavação comum no canal de restituição, em m^3
V_{tai}	Volume de escavação comum por metro na seção i do canal de aproximação, em m^3/m
L_{ca}	Comprimento do canal de aproximação, em m
B_{ca}	Largura do fundo do canal de aproximação, em m
h_{rai}	Profundidade da escavação em rocha na seção i do canal de aproximação, em m
e_{te}	Espessura média da camada de terra na área do vertedouro propriamente dito, em m
El_{tai}	Cota média do terreno na seção i do canal de aproximação, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
B_{vt}	Largura total do vertedouro, em m
e_{pl}	Espessura dos pilares, em m
L_{vt}	Comprimento total do vertedouro, em m
V_{tri}	Volume de escavação comum por metro na seção i do canal de restituição, em m^3/m
L_{cr}	Comprimento do canal de restituição, em m
B_{cr}	Largura do fundo do canal de restituição, em m
h_{rri}	Profundidade da escavação em rocha na seção i do canal de restituição, em m
El_{tri}	Cota média do terreno na seção i transversal ao eixo longitudinal do canal de restituição, em m
El_{cr}	Cota do fundo do canal de restituição, em m
B_{bd}	Largura da bacia de dissipação, em m
B_{se}	Largura do salto de esqui, em m

O preço unitário de **escavação comum** é de R\$ 7,60/ m^3 , referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do vertedouro, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou

- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (Conta .12.19.30.12.11)

A Figura 5.7.5.10 apresenta cortes típicos mostrando a escavação nos canais de aproximação e restituição.

O volume de escavação em rocha, V_{rtv} (m^3), é dado pela expressão:

$$V_{rtv} = V_{rca} + V_{rog} + V_{rcl} + V_{rbc} + V_{rde} + V_{rbe} + V_{rcr}$$

sendo:

$$V_{rca} = \left(\frac{V_{ra0}}{2} + V_{ra1} + V_{ra2} \right) \times \frac{L_{ca}}{3}$$

$$V_{rai} = (B_{ca} - 6 + 0,6 \times h_{rai}) \times h_{rai}$$

$$V_{rog} = L_{og} \times [El_{te} - e_{te} - (El_{ca} - 2)] \times B_{vt}$$

$$V_{rcl} = L_{cl} \times [El_{tc} - e_{te} - (El_{tc} - 0,7)] \times (B_{cl} + 2)$$

$$V_{rbc} = 2 \times L_{cl} \times 0,3 \times h_{rc}^2$$

$$V_{rcr} = \left(\frac{V_{rr0}}{2} + V_{rr1} + V_{rr2} \right) \times \frac{L_{cr}}{3}$$

$$V_{rri} = (B_{cr} - 6 + 0,6 \times h_{rri}) \times h_{rri}$$

$$h_{rc} = El_{tc} - e_{te} - (El_{cm} - 0,7) \geq 0$$

para bacia de dissipação:

$$V_{rde} = L_{bd} \times [El_{te} - e_{te} - (El_{bd} - e_c)] \times (B_{bd} + 2)$$

$$V_{rbe} = 2 \times L_{bd} \times 0,3 \times h_{re}^2$$

$$El_{cm} = \frac{NA_{max} - 0,69 \times H_d + El_{bd}}{2}$$

$$h_{re} = El_{tde} - e_{te} - (NA_{crr} - 5,0) \geq 0$$

para salto de esqui:

$$V_{rde} = L_{se} \times [El_{te} - e_{te} - (El_{se} - 2)] \times (B_{se} + 2)$$

$$V_{rbe} = 2 \times L_{se} \times 0,3 \times h_{rs}^2$$

$$El_{cm} = \frac{NA_{max} - 0,69 \times H_d + El_{se}}{2}$$

$$h_{rs} = El_{ide} - e_{te} - (El_{se} - 2,0) \geq 0$$

onde:

V_{rca}	Volume de escavação em rocha no canal de aproximação, em m^3
V_{rog}	Volume de escavação em rocha na área da ogiva, em m^3

V_{rdl}	Volume de escavação em rocha na área da calha, em m^3
V_{rbc}	Volume de escavação em rocha em bermas no trecho da calha, em m^3
V_{rde}	Volume de escavação em rocha na área da bacia de dissipação ou do salto de esqui, em m^3
V_{rbe}	Volume de escavação em rocha em bermas no trecho da bacia de dissipação ou do salto de esqui, em m^3
V_{rrc}	Volume de escavação em rocha no canal de restituição, em m^3
V_{rai}	Volume de escavação em rocha por metro na seção i do canal de aproximação, em m^3/m
L_{ca}	Comprimento do canal de aproximação, em m
B_{ca}	Largura do fundo do canal de aproximação, em m
h_{rai}	Profundidade da escavação em rocha na seção i do canal de aproximação, em m
L_{og}	Comprimento da ogiva, em m
El_{tc}	Cota média do terreno na área do vertedouro propriamente dito, em m
e_{tc}	Espessura média da camada de terra na área do vertedouro propriamente dito, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
B_{vt}	Largura total do vertedouro, em m
L_{cl}	Comprimento da calha, em m
El_{cm}	Cota média da calha, em m
B_{cl}	Largura da calha, em m
h_{rc}	Profundidade da escavação em rocha na área da calha, em m
V_{rri}	Volume de escavação em rocha por metro na seção i do canal de restituição, em m^3/m
L_{cr}	Comprimento do canal de restituição, em m
B_{cr}	Largura do fundo do canal de restituição, em m
h_{rri}	Profundidade da escavação em rocha na seção i do canal de restituição, em m
El_{tc}	Cota média do terreno na área da calha, exclusivamente, em m
L_{bd}	Comprimento da bacia de dissipação, em m
El_{bd}	Cota do fundo da bacia de dissipação, em mC
e_c	Espessura do revestimento de concreto da soleira da bacia de dissipação, em m
B_{bd}	Largura da bacia de dissipação, em m
h_{re}	Profundidade da escavação em rocha na área da bacia de dissipação, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
H_d	Altura de energia máxima sobre a crista do vertedouro, em m
El_{tde}	Cota média do terreno na área da bacia de dissipação ou salto de esqui, exclusivamente, em m
NA_{ccr}	Nível d'água no canal de restituição para cheia centenária, em m
L_{se}	Comprimento do salto de esqui, em m
El_{se}	Cota da soleira do salto de esqui, em m
B_{se}	Largura do salto de esqui, em m
h_{rs}	Profundidade da escavação em rocha na área do salto de esqui, em m

O preço unitário de **escavação em rocha** é de R\$ 21,00/ m^3 , referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do vertedouro, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (Conta .12.19.30.13)

A área de limpeza da fundação, A_{ff} (m²), é dada pela expressão:

$$A_{ff} = B_{vt} \times L_{vt}$$

onde:

B_{vt}	Largura total do vertedouro, em m
L_{vt}	Comprimento total do vertedouro, em m

O comprimento da injeção de cimento, e também da linha de drenagem, L_{tf} (m), é dado pela expressão:

$$L_{tf} = \frac{B_{vt}}{3,0} \times L_{1tf}$$

$$L_{1tf} = 1,5 \times (NA_{xmx} - El_{ca}) \leq 40 \text{ m}$$

onde:

B_{vt}	Largura total do vertedouro, em m
L_{1tf}	Comprimento de um furo de injeção de cimento, em m
NA_{xmx}	Nível d'água máximo maximorum do reservatório, em m
El_{ca}	Cota do fundo do canal de aproximação, em m
3,0	Espaçamento entre os furos, em m

O comprimento total dos chumbadores na bacia de dissipação, L_{tfc} (m), quando for o caso, é dado pela expressão:

$$L_{tfc} = B_{bd} \times L_{bd}$$

onde:

B_{bd}	Largura da bacia de dissipação, em m
L_{bd}	Comprimento da bacia de dissipação, em m

Os preços unitários dos serviços correspondentes a **limpeza e tratamento de fundação** – expressos em reais, referidos a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste –, incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/m²
- Furo roto-percussivo: 168,00/m
- Injeção com calda de cimento: 72,00/m
- Chumbador: 241,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (Conta .12.19.30.14)

O volume de concreto do vertedouro, V_{cvt} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{cvt} = V_{cog} + V_{cpl} + V_{cpo} + V_{ccl} + V_{cde} + V_{cmv}$$

sendo:

$$V_{\text{cog}} = (0,165 \times H_d^2 + 0,67 \times p_v \times H_d + 0,84 \times p_v^2 + 32) \times B_{\text{vt}}$$

$$V_{\text{cpl}} = 2 \times (1,21 \times H_d^2 + 18,4 \times H_d + 25) \times e_{\text{pe}}$$

$$V_{\text{cpo}} = 6,0 \times B_{\text{vt}}$$

$$V_{\text{ccl}} = L_{\text{cl}} \times [0,7 \times B_{\text{cl}} + 2 \times (H_{\text{cl}} + 0,7) \times 1,0]$$

$$H_{\text{cl}} = 0,95 \times H_d$$

para bacia de dissipação:

$$V_{\text{cde}} = L_{\text{bd}} \times e_c \times (B_{\text{bd}} + 2,0)$$

$$V_{\text{cmv}} = 2 \times \left[L_{\text{bd}} \times (2,0 + y_2 + e_c) + \frac{d_i^2}{2 \times i_{\text{cl}}} \right] \times 1,0$$

para salto de esqui:

$$V_{\text{cde}} = (0,12 \times R_{\text{se}}^2 + 0,93 \times R_{\text{se}} + 0,53) \times (B_{\text{se}} + 2,0)$$

$$V_{\text{cmv}} = 2 \times L_{\text{se}} \times H_{\text{cl}} \times 1,0$$

onde:

V_{cog}	Volume de concreto da ogiva, em m ³
V_{cpl}	Volume de concreto dos pilares, em m ³
V_{cpo}	Volume de concreto da ponte, em m ³
V_{ccl}	Volume de concreto da calha, incluindo muros, em m ³
V_{cde}	Volume de concreto da bacia de dissipação ou do salto de esqui, incluindo muros, em m ³
H_d	Altura de energia máxima sobre a crista do vertedouro, em m
p_v	Altura da ogiva em relação ao fundo do canal de aproximação, em m
B_{vt}	Largura total do vertedouro, em m
e_{pe}	Espessura dos pilares extremos, em m
L_{cl}	Comprimento da calha, em m
B_{cl}	Largura da calha, em m
H_{cl}	Altura do muro da calha, em m
L_{bd}	Comprimento da bacia de dissipação, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto da soleira da bacia de dissipação, em m
B_{bd}	Largura da bacia de dissipação, em m
y_2	Profundidade do escoamento após o ressalto hidráulico, em m
i_{cl}	Declividade da calha
R_{se}	Raio de curvatura do salto de esqui, em m
B_{se}	Largura do salto de esqui, em m
L_{se}	Comprimento do salto de esqui, em m
d_i	Dimensão auxiliar, em m

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m ³)	Armadura (kg/m ³)
Ogiva	200	40
Pilares, calha, bacia de dissipação, salto de esqui e muros	250	80
Ponte	300	100

O preço unitário do **cimento** é de R\$ 348,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da **armadura** é de R\$ 4.327,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do **concreto sem cimento** expressos em reais por metro cúbico do volume do vertedouro e referidos a dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Ogiva: 113,00/m³
- Pilares, calha, muros e bacia de dissipação: 200,00/m³
- Ponte: 474,00/m

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressivas, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobilização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço unitário do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

5.7.6 Tomada de Água e Adutoras (.12.19)

CANAL DE ADUÇÃO (.12.19.31)

Dados Básicos

As principais informações utilizadas para dimensionamento são as seguintes:

- Comprimento do canal, L_{cn} em m.
- Comprimento do trecho revestido com concreto, L_c em m.
- Vazão turbinada máxima total, Q_t em m^3/s , do item 5.7.2.
- Cota média do terreno no eixo do canal, El_{te} .
- Espessura média da camada de solo, e_{te} , em m.
- Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.4.
- Nível d'água mínimo do reservatório, NA_{min} , do item 5.3.

A informação utilizada para quantificação é a seguinte:

- Espessura de revestimento de concreto, e_c , em m.

Considerações e Recomendações

São considerados, para fins de quantificação, três seções transversais típicas:

- Canal com seção trapezoidal composta, escavada em solo e rocha, e com o nível d'água mínimo acima da cota do topo da rocha, conforme Figura 5.7.6.01. (Caso 1)
- Canal com seção trapezoidal composta, escavada em solo e rocha, e com o nível d'água mínimo abaixo da cota do topo da rocha, conforme Figura 5.7.6.02. (Caso 2)
- Canal com seção trapezoidal simples, escavada exclusivamente em solo, conforme Figura 5.7.6.03. (Caso 3)

A altura adotada de borda livre do canal é 2,0m.

Os canais podem ser revestidos ou não. O revestimento tem duas funções principais, reduzir a perda de água ao longo do canal e aumentar a velocidade de escoamento, assim, reduzindo a seção do canal. O revestimento se justifica economicamente em canais longos.

Para os canais em rocha, o revestimento deve ser em concreto; e, para os canais em solo, recomenda-se o revestimento com manta.

Seção Transversal Básica

A depleção máxima do reservatório, d (m), é dado pela expressão:

$$d = NA_{max} - NA_{min}$$

onde:

NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
NA_{min}	Nível d'água mínimo do reservatório, em m

A profundidade de escoamento, y_m (m), é dada pela expressão:

$$y_m = \sqrt{\frac{Q_t}{3}}$$

onde:

Q_t Vazão turbinada máxima total, em m³/s

A cota do fundo do canal, El_{cn} , é dada pela expressão:

$$El_{cn} = NA_{min} - y_m$$

onde:

NA_{min} Nível d'água mínimo do reservatório, em m
 y_m Profundidade de escoamento, em m

A largura do fundo do canal, B_{cn} (m), é dada pela expressão:

$$B_{cn} = 1,5 \times y_m$$

onde:

y_m Profundidade de escoamento, em m

Canal de Seção de Escoamento em Solo e Rocha (Caso 1)

O escoamento é em seção composta, de solo e rocha, quando:

$$El_{cn} < El_{te} - e_{te} \qquad NA_{min} > El_{te} - e_{te}$$

onde:

El_{cn} Cota do fundo do canal, em m
 El_{te} Cota média do terreno no eixo do canal, em m
 e_{te} Espessura da camada de solo, em m
 NA_{min} Nível d'água mínimo do reservatório, em m

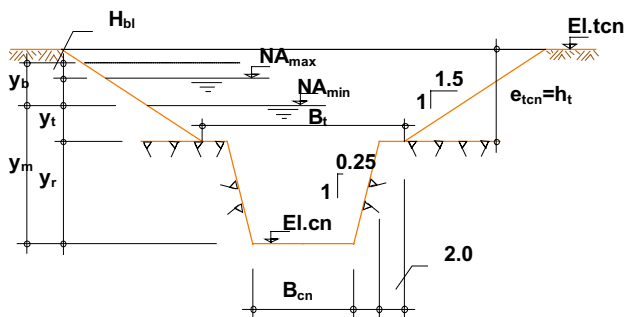


Figura 5.7.6.01 – Seção transversal típica de canal de adução em solo e rocha (caso 1).

A altura da lâmina de água do escoamento na parte em solo do canal, y_t (m), é dada pela expressão:

$$y_t = e_{te} - (El_{te} - NA_{min})$$

onde:

e_{te} Espessura da camada de solo, em m
 El_{te} Cota do terreno no eixo do canal, em m
 NA_{min} Nível d'água mínimo do reservatório, em m

A profundidade de escavação em solo do canal, h_t (m), é dada pela expressão:

$$h_t = e_{te}$$

onde:

e_{tc}	Espessura da camada de solo, em m
----------	-----------------------------------

A altura da lâmina de água do escoamento na parte em rocha do canal, y_r (m), é dada pela expressão:

$$y_r = y_m - y_t$$

onde:

y_m	Profundidade de escoamento, em m
y_t	Altura da lâmina de água do escoamento na parte em solo do canal, em m

A área total da seção de escoamento do canal, A_{cn} (m²), é dada pela expressão:

$$A_{cn} = A_{rcn} + A_{tcn}$$

sendo:

$$A_{rcn} = (1,5 \times y_m + 0,25 \times y_r) \times y_r$$

$$A_{tcn} = (B_{cn} + 0,5 \times y_r + 1,5 \times y_t + 4) \times y_t$$

onde:

A_{rcn}	Área da seção de escoamento em rocha, em m ²
A_{tcn}	Área da seção de escoamento em solo, em m ²
y_m	Profundidade de escoamento, em m
y_r	Altura da lâmina de água do escoamento na parte em rocha do canal, em m
B_{cn}	Largura no fundo do canal, em m
y_t	Altura da lâmina de água do escoamento na parte em solo do canal, em m

A perda de carga no canal de adução, h_c (m), é dada pela expressão:

$$h_c = \left[(L_{cn} - L_c) \times n^2 + L_c \times n_c^2 \right] \times \frac{V_{cn}^2}{R_h^{4/3}}$$

sendo:

$$v_{cn} = \frac{Q_t}{A_{cn}}$$

$$R_h = \frac{A_{cn}}{B_{cn} + 2,06 \times y_r + 4 + 3,61 \times y_t}$$

n	Tipo de revestimento
0,035	Para canais em rocha
0,025	Para canais em solo
0,014	Para canais revestidos com concreto
0,010	Para canais revestidos com manta

onde:

n	Coefficiente de Manning do trecho sem revestimento
n_c	Coefficiente de Manning do trecho revestido
L_{cn}	Comprimento do canal, em m
L_c	Comprimento do canal do trecho revestido, em m

v_{cn}	Velocidade média do escoamento no canal, em m/s
R_h	Raio hidráulico, em m
Q_t	Vazão turbinada máxima total, em m ³ /s
A_{cn}	Área total da seção de escoamento do canal, em m ²
B_{cn}	Largura do fundo do canal, em m
y_r	Altura da lâmina de água do escoamento na parte em rocha do canal, em m
y_t	Altura da lâmina de água do escoamento na parte em solo do canal, em m

A declividade do fundo do canal, i (m/m), é dada pela expressão:

$$i = \frac{h_c}{L_{cn}}$$

onde:

h_c	Perda de carga no canal, em m
L_{cn}	Comprimento do canal, em m

Para canais de adução longos, de comprimento maior que 3,0km, prevê-se a inclusão de uma câmara de carga junto à tomada de água de volume, V_{cg} (m³), dado pela expressão:

$$V_{cg} = \frac{300 \times Q_t}{N_g}$$

onde:

Q_t	Vazão turbinada máxima total, em m ³ /s
N_g	Número de unidades geradoras de uma usina

Escavação Comum (conta .12.19.31.10)

O volume de escavação comum, V_{tcn} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{tcn} = (B_{cn} + 0,5 \times h_r + 1,5 \times h_t + 4) \times h_t \times L_{cn}$$

sendo: $h_r = y_r$

onde:

B_{cn}	Largura do fundo do canal, em m
y_r	Altura da lâmina de água do escoamento na parte em rocha do canal, em m
h_t	Profundidade de escavação em solo, em m
h_r	Profundidade de escavação em rocha, em m
L_{cn}	Comprimento do canal, em m

O preço unitário de escavação comum é de R\$ 7,60/m³, referidos a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do canal, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes descontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (Conta .12.19.31.12.11)

O volume de escavação em rocha, V_{rcn} (m^3), é dado pela expressão:

$$V_{rcn} = (B_{cn} + 0,25 \times h_r) \times h_r \times L_{cn}$$

sendo: $h_r = y_r$

onde:

B_{cn}	Largura do fundo do canal, em m
y_r	Altura da lâmina de água do escoamento na parte em rocha do canal, em m
h_r	Profundidade de escavação em rocha
L_{cn}	Comprimento do canal, em m

O preço unitário de escavação em rocha é de R\$ 21,00/ m^3 , referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do canal, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (Conta.12.19.31.14)

O volume de concreto, V_{ccn} (m^3), é dado pela expressão:

$$V_{ccn} = [B_{cn} + 2,06 \times y_r + 4,0 + 3,61 \times (d + y_t + 2)] \times e_c \times L_c$$

onde:

B_{cn}	Largura do fundo do canal, em m
y_r	Altura da lâmina de água do escoamento na parte em rocha do canal, em m
d	Depleção máxima do reservatório, em m
y_t	Altura da lâmina de água do escoamento na parte em solo do canal, em m
e_c	Espessura de revestimento de concreto, em m
L_c	Comprimento do trecho do canal revestido com concreto, em m

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m^3)	Armadura (kg/m^3)
Concreto convencional	275	50
Concreto projetado	300	70

O preço unitário do cimento é de R\$ 348,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da armadura é de R\$ 4.327,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do concreto sem cimento expressos em reais por metro cúbico do volume do canal e referidos a dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- concreto convencional: 234,00/m³
- concreto projetado: 128,00/m³

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressivas, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobilização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço unitário do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Canal de Seção de Escoamento em Rocha (Caso 2)

O escoamento é em seção composta, mas predominantemente em rocha, quando:

$$NA_{min} \leq El_{te} - e_{te}$$

onde:

NA_{min}	Nível d'água mínimo do reservatório, em m
El_{te}	Cota do terreno no eixo do canal, em m
e_{te}	Espessura da camada de solo, em m

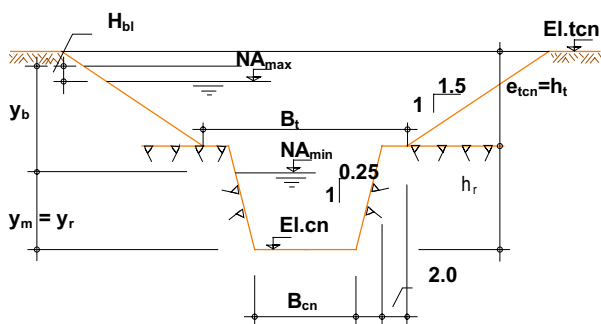


Figura 5.7.6.02 – Seção transversal típica de canal de adução em rocha (caso 2).

A altura da lâmina de água do escoamento na parte em solo do canal, y_t (m), é dada pela expressão:

$$y_t = 0$$

A profundidade de escavação em solo do canal, h_t (m), é dada pela expressão:

$$h_t = e_{te}$$

onde:

e_{te}	Espessura da camada de solo, em m
----------	-----------------------------------

A altura da lâmina de água do escoamento na parte em rocha do canal, y_r (m), é dada pela expressão:

$$y_r = y_m$$

onde:

y_m Profundidade de escoamento, em m

A profundidade de escavação em rocha, h_r (m), é dada pela expressão:

$$h_r = y_r + El_{te} - e_{te} - NA_{min}$$

onde:

y_r Altura da lâmina de água do escoamento na parte em rocha do canal, em m

El_{te} Cota do terreno no eixo do canal, em m

e_{te} Espessura da camada de solo, em m

NA_{min} Nível d'água mínimo do reservatório, em m

A área total da seção de escoamento do canal, A_{cn} (m²), é dada pela expressão:

$$A_{cn} = (1,5 \times y_m + 0,25 \times y_r) \times y_r$$

onde:

y_m Profundidade de escoamento, em m

y_r Altura da lâmina de água do escoamento na parte em rocha do canal, em m

A perda de carga no canal de adução, h_c (m), é dada pela expressão:

$$h_c = \left[(L_{cn} - L_c) \times n^2 + L_c \times n_c^2 \right] \times \frac{v_{cn}^2}{R_h^{4/3}}$$

sendo:

$$v_{cn} = \frac{Q_t}{A_{cn}}$$

$$R_h = \frac{A_{cn}}{B_{cn} + 2,06 \times y_r}$$

sendo:

n	Tipo de revestimento
0,035	Para canais em rocha
0,025	Para canais em solo
0,014	Para canais revestidos com concreto
0,010	Para canais revestidos com manta

onde:

n Coeficiente de Manning do trecho sem revestimento

n_c Coeficiente de Manning do trecho revestido

L_{cn} Comprimento do canal, em m

L_c Comprimento do canal do trecho revestido, em m

v_{cn} Velocidade média do escoamento no canal, em m/s

R_h Raio hidráulico, em m

Q_t Vazão turbinada máxima total, em m³/s

A_{cn} Área total da seção de escoamento do canal, em m²

B_{cn} Largura do fundo do canal, em m

y_r Altura da lâmina de água do escoamento na parte em rocha do canal, em m

A declividade do fundo do canal, i (m/m), é dada pela expressão:

$$i = \frac{h_c}{L_{cn}}$$

onde:

h_c	Perda de carga no canal, em m
L_{cn}	Comprimento do canal, em m

Para canais de adução longos, de comprimento maior que 3,0km, prevê-se a inclusão de uma câmara de carga junto à tomada de água de volume, V_{cg} (m^3), dado pela expressão:

$$V_{cg} = \frac{300 \times Q_t}{N_g}$$

onde:

Q_t	Vazão turbinada máxima total, em m^3/s
N_g	Número de unidades geradoras de uma usina

Escavação Comum (Conta .12.19.31.12.10)

O volume de escavação comum, V_{tcn} (m^3), é dado pela expressão:

$$V_{tcn} = (B_{cn} + 0,5 \times h_r + 1,5 \times h_t + 4) \times h_t \times L_{cn}$$

onde:

B_{cn}	Largura do fundo do canal, em m
h_r	Profundidade de escavação em rocha, em m
h_t	Profundidade de escavação em solo, em m
L_{cn}	Comprimento do canal, em m

O preço unitário de escavação comum é de R\$ 7,60/ m^3 , referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do canal, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (Conta .12.19.31.12.11).

O volume de escavação em rocha, V_{rcn} (m^3), é dado pela expressão:

$$V_{rcn} = (B_{cn} + 0,25 \times h_r) \times h_r \times L_{cn}$$

onde:

B_{cn}	Largura do fundo do canal, em m
h_r	Profundidade de escavação em rocha, em m
L_{cn}	Comprimento do canal, em m

O preço unitário de escavação em rocha é de R\$ 21,00/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do canal, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5 km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes descontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (conta.12.19.31.14)

O volume de concreto, V_{ccn} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{ccn} = [B_{cn} + 2,06 \times h_r + 4,0 + 3,61 \times (d_1 + y_t)] \times e_c \times L_c$$

sendo:

$$d_1 = NA_{max} - (El_{tc} - e_{tc}) + 2$$

onde:

B_{cn}	Largura do fundo do canal, em m
h_r	Profundidade de escavação em rocha, em m
d_1	Variável auxiliar, em m
y_t	Altura da lâmina de água do escoamento na parte em solo do canal; em m
e_c	Espessura de revestimento de concreto, em m
L_c	Comprimento do trecho do canal revestido com concreto, em m
NA_{max}	Nível máximo do reservatório, em m
El_{tc}	Cota do terreno no eixo do canal, em m
e_{tc}	Espessura da camada de solo, em m

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m ³)	Armadura (kg/m ³)
Concreto convencional	275	50
Concreto projetado	300	70

O preço unitário do cimento é de R\$ 348,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da armadura é de R\$ 4.327,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do concreto sem cimento expressos em reais por metro cúbico do volume do canal e referidos a dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste,

Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Concreto convencional: 234,00/m³
- Concreto projetado: 128,00/m³

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressivas, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobilização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço unitário do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Canal de Seção de Escoamento em Solo (Caso 3)

O canal é escavado exclusivamente em solo quando:

$$El_{cn} \geq El_{te} - e_{te}$$

onde:

El_{cn}	Cota do fundo do canal
El_{te}	Cota do terreno no eixo do canal
e_{te}	Espessura da camada de solo, em m

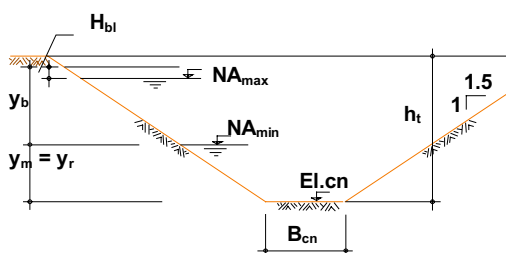


Figura 5.7.6.03 – Seção transversal típica de canal de adução em solo (caso 3).

A altura da lâmina de água do escoamento na parte em solo do canal, y_t (m), é dada pela expressão:

$$y_t = y_m$$

onde:

y_m	Profundidade de escoamento, em m
-------	----------------------------------

A profundidade de escavação do canal, h_t (m), é dada pela expressão:

$$h_t = El_{te} - El_{cn}$$

onde:

El_{te}	Cota do terreno no eixo do canal, em m
El_{cn}	Cota do fundo do canal, em m

A área total da seção de escoamento do canal, A_{cn} (m²), é dada pela expressão:

$$A_{cn} = (B_{cn} + 1,5 \times y_t) \times y_t$$

onde:

B_{cn}	Largura do fundo do canal, em m
y_t	Altura da lâmina de água do escoamento na parte em solo do canal; em m

A perda de carga no canal de adução, h_c (m), é dada pela expressão:

$$h_c = \left[(L_{cn} - L_c) \times n^2 + L_c \times n_c^2 \right] \times \frac{v_{cn}^2}{R_h^{4/3}}$$

sendo:

$$v_{cn} = \frac{Q_t}{A_{cn}} \qquad R_h = \frac{A_{cn}}{B_{cn} + 3,61 \times y_t}$$

n	Tipo de revestimento
0,025	Para canais em solo
0,014	Para canais revestidos com concreto
0,010	Para canais revestidos com manta

onde:

n	Coefficiente de Manning do trecho sem revestimento
n_c	Coefficiente de Manning do trecho revestido
L_{cn}	Comprimento do canal, em m
L_c	Comprimento do canal do trecho revestido, em m
v_{cn}	Velocidade média do escoamento no canal, em m/s
R_h	Raio hidráulico, em m
Q_t	Vazão turbinada total, em m ³ /s
A_{cn}	Área total da seção de escoamento do canal, em m ²
B_{cn}	Largura do fundo do canal, em m
y_t	Altura da lâmina de água do escoamento na parte em solo do canal, em m

A declividade do fundo do canal, i (m/m), é dada pela expressão:

$$i = \frac{h_c}{L_{cn}}$$

onde:

h_c	Perda de carga no canal, em m
L_{cn}	Comprimento do canal, em m

Para canais de adução longos, de comprimento maior que 3,0km, prevê-se a inclusão de uma câmara de carga junto à tomada de água de volume, V_{cg} (m³), dado pela expressão:

$$V_{cg} = \frac{300 \times Q_t}{N_g}$$

onde:

Q_t	Vazão turbinada total, em m ³ /s
N_g	Número de unidades geradoras de uma usina

Escavação Comum (Conta .12.19.31.12.10)

O volume de escavação comum, V_{tcn} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{tcn} = (B_{cn} + 1,5 \times h_t) \times h_t \times L_{cn}$$

onde:

B_{cn}	Largura do fundo do canal, em m
h_t	Profundidade de escavação em solo, em m
L_{cn}	Comprimento do canal, em m

O preço unitário de escavação comum é de R\$ 7,60/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do canal, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (conta.12.19.31.14)

O volume de concreto, V_{ccn} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{ccn} = [B_{cn} + 3,61 \times (d + y_t + 2)] \times e_c \times L_c$$

onde:

B_{cn}	Largura do fundo do canal, em m
d	Depleção máxima do reservatório, em m
y_t	Altura da lâmina de água do escoamento na parte em solo do canal; em m
e_c	Espessura de revestimento de concreto, em m
L_c	Comprimento do trecho do canal revestido com concreto, em m

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m ³)	Armadura (kg/m ³)
Concreto convencional	275	50
Concreto projetado	300	70

O preço unitário do cimento é de R\$ 348,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da armadura é de R\$ 4.327,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do concreto sem cimento expressos em reais por metro cúbico do volume do canal e referidos a dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Concreto convencional: 234,00/m³

- Concreto projetado: 128,00/m³

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressivas, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobilização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço unitário do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

TOMADA DE ÁGUA A GRAVIDADE (Conta .12.19.30)

Este item é aplicado para aproveitamentos com condutos, sejam eles adutores ou forçados, e correspondem àqueles equipados com turbinas Pelton, Francis ou Kaplan com caixa espiral de aço.

A tomada d'água que se recomenda neste item é mostrada na Figura 5.7.6.04.

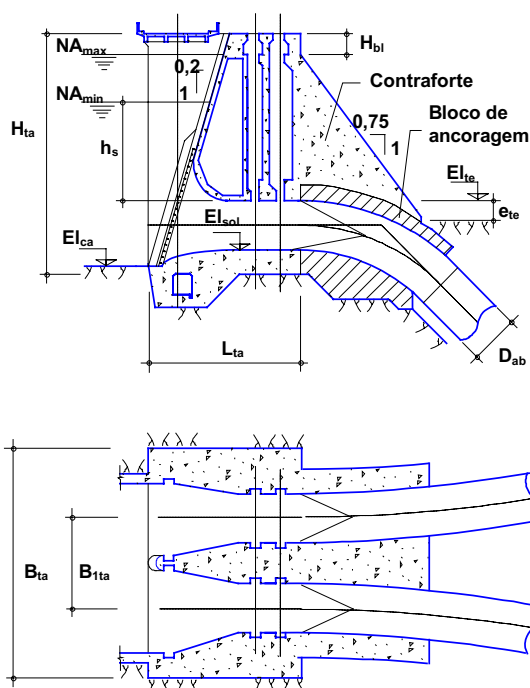


Figura 5.7.6.04 – Seção típica e planta de tomada d'água a gravidade.

Dados básicos

As principais informações utilizadas no dimensionamento são as seguintes:

- Número de unidades geradoras, N_g , do item 5.7.2.
- Número de unidades geradoras por conduto ou túnel forçado, N_p , do item 5.7.2., quando for o caso.
- Diâmetro interno do conduto associado à tomada de água – adutor, túnel ou conduto forçado –, D_{ab} em m.
- Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.4.
- Cota da soleira da tomada de água, El_{sol} .

As principais informações utilizadas na quantificação são as seguintes:

- Vazão turbinada máxima total, Q_t em m³/s, do item 5.7.2.
- Cota média do terreno na área da estrutura, El_{tc} , em m
- Espessura média da camada de solo na área da tomada de água, e_{tc} em m.

Dimensões da Tomada D'água

O número de aberturas na tomada d'água, N_{at} , será igual:

$$\text{Para condutos ou túneis forçados: } N_{at} = \frac{N_g}{N_f}$$

Para conduto adutor: $N_{at} = 1$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
N_f	Número de unidades geradoras por conduto ou túnel forçado

A altura da tomada d'água, H_{ta} (m), é dada pela expressão:

$$H_{ta} = NA_{max} - El_{sol} + H_{bl} + 2,5$$

onde:

NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
H_{bl}	4,0 m – altura de borda livre da tomada de água
El_{sol}	Cota da soleira da tomada de água, em m

A largura do bloco da unidade no sentido transversal ao fluxo, B_{1ta} (m), é dada pela expressão:

$$B_{1ta} = 1,2 \times D_{ab} + 1,2$$

onde:

D_{ab}	Diâmetro interno do conduto, em m
----------	-----------------------------------

E a largura total, B_{ta} (m), é dada pela expressão:

$$B_{ta} = N_{at} \times B_{1ta} + 2 \times 2,0$$

onde:

N_{at}	Número de aberturas na tomada de água
B_{1ta}	Largura do bloco da unidade, em m
2,0	Espessura extra dos pilares extremos, em m

O comprimento da tomada d'água na base, no sentido do fluxo, L_{ta} (m), é dado pela expressão:

$$L_{ta} = 9,2 + 0,20 \times H_{ta}$$

onde:

H_{ta}	Altura da tomada d'água, em m
0,2	Inclinação do paramento de montante

Escavação Comum (Conta .12.19.30.12.10)

O volume de escavação comum, V_{tta} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{tta} = B_{ta} \times L_{ta} \times e_{tc}$$

onde:

B_{ta}	Largura total, em m
L_{ta}	Comprimento da tomada d'água na fundação, em m
e_{tc}	Espessura média da camada de solo na área da tomada d'água, em m

O preço unitário de escavação comum é de R\$ 7,60/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da tomada de água, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (Conta .12.19.30.12.11)

O volume de escavação em rocha, V_{rt} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{rt} = L_{ta} \times [El_{te} - e_{te} - (El_{sol} - 2,5)] \times B_{ta}$$

onde:

B _{ta}	Largura total, em m
L _{ta}	Comprimento da tomada d'água na fundação, em m
e _{te}	Espessura média da camada de solo na área da tomada d'água, em m
El _{te}	Cota média do terreno na área da da tomada d'água, em m
El _{sol}	Cota da soleira da tomada d'água, em m

O preço unitário de escavação em rocha é de R\$ 21,00/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da tomada de água, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (Conta .12.19.30.13)

A área de limpeza de fundação, A_{lf} (m²), é dada pela expressão:

$$A_{lf} = B_{ta} \times L_{ta}$$

onde:

B _{ta}	Largura total, em m
L _{ta}	Comprimento da tomada d'água na fundação, em m

Deve-se prever, como tratamento de fundação, uma linha de drenagem imediatamente a jusante de uma cortina de injeção de cimento, cada uma com comprimento total de perfuração, L_{tf} (m), dada pela expressão:

$$L_{tf} = \frac{B_{ta}}{3,0} \times L_{1tf} \quad L_{1tf} = 1,5 \times (NA_{max} - El_{sol}) \leq 40 \text{ m}$$

onde:

B_{ta}	Largura total da tomada de água, em m
L_{1tf}	Comprimento de um furo de injeção de cimento, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
El_{sol}	Cota da soleira, em m
3,0	Espaçamento entre os furos, em m

Os preços unitários dos serviços correspondentes a limpeza e tratamento de fundação – expressos em reais, referidos a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste –, incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/m²
- Furo roto-percussivo: 168,00/m
- Injeção com calda de cimento: 72,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (Conta .12.19.30.14)

O volume de concreto da tomada de água, V_{cta} (m³), é dado pela expressão equivalente:

$$V_{cta} = V_{ctp} + N_{at} \times V_{ctb} + V_{ctc}$$

sendo:

$$V_{ctp} = 2 \times (2,0 \times L_{ta} + 10,0) \times H_{ta}$$

$$V_{ctc} = 0,375 \times (H_{ta} - D_{ab} - 9,3)^2 \times B_{ta}$$

$$V_{ctb} = 1,3 \times e^z$$

$$z = (0,0460 - 0,00167 \times D_{ab}) \times (H_{ta} - 104,0) + 10,16$$

onde:

V_{ctp}	Volume de concreto das paredes externas, em m ³
V_{ctb}	Volume de concreto do bloco da unidade, em m ³
V_{ctc}	Volume de concreto do contraforte a jusante, em m ³
L_{ta}	Comprimento da tomada d'água na fundação, em m
z_i	Parâmetro, em m ³
N_{at}	Número de abertura, em m
D_{ab}	Diâmetro interno do conduto adutor, túnel ou conduto forçado, em m
H_{ta}	Altura da tomada de água, em m

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m ³)	Armadura (kg/m ³)
Parede externa	200	40
Bloco da unidade	300	60
Contraforte	200	20

O preço unitário do cimento é de R\$ 348,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da armadura é de R\$ 4.327,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do concreto sem cimento expressos em reais por metro cúbico do volume da tomada de água e referidos a dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Parede externa: 128,00/m³
- Bloco da unidade: 174,00/m³
- Contraforte: 129,00/m³

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressivas, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobilização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço unitário do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Comportas de Emergência (Conta .12.19.30.23.16)

O custo de aquisição de cada comporta de emergência da tomada de água, C_{cp} (R\$), engloba o respectivo sistema de acionamento e peças fixas de guia – custo FOB, sem inclusão de custos de transporte e seguro, montagem e testes e provisões para impostos e taxas incidentes conforme legislação tributária vigente – e é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B.23, Anexo B, em função de suas dimensões e carga hidrostática), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$\text{para } 0,13 \leq z \leq 9,17: C_p = -4,3986 \times z^2 + 124,79 \times z + 110,2$$

$$\text{para } 9,17 < z \leq 125,39: C_p = -0,128 \times z^2 + 57,311 \times z + 369,83$$

sendo:

$$z = \frac{B_{cp}^2 \times H_{cp} \times H_x}{1000}$$

$$H_x = NA_{max} - El_{sol}$$

onde:

z	Parâmetro, em m ⁴
B_{cp}	Largura da comporta, em m
H_{cp}	Altura da comporta, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
El_{sol}	Cota da soleira da tomada de água, em m

Ao custo FOB deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro.
- 8,0%: para montagem e testes.
- 28,0%: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Comportas Ensecadeira (Conta .12.19.30.23.17)

O custo de aquisição de cada comporta ensecadeira da tomada de água, C_{sl} (R\$) – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B.25, Anexo B, em função de suas dimensões e carga hidrostática), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento:

$$\text{para } 0,16 \leq z \leq 54,43: C_{sl} = 72,896 \times z^{0,716}$$

$$\text{sendo: } z = \frac{B_{cp}^2 \times H_{cp} \times H_x}{1000}$$

onde:

z	Parâmetro, em m^4
B_{cp}	Largura da comporta, em m
H_{cp}	Altura da comporta, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos

O custo global de aquisição de guias e partes fixas embutidas no concreto da comporta ensecadeira da tomada de água, C_{gpf} (R\$) – custo FOB – é dado pela expressão abaixo, referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento:

$$C_{gpf} = 2 \times N_{at} \times (H_{ta} - 1,0) \times 2.084,80$$

onde:

N_{at}	Número de aberturas na tomada de água
H_{ta}	Altura da tomada de água, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos

Guindaste (Conta .12.19.30.23.20)

O custo de aquisição do pórtico rolante da tomada de água, C_{pcr} (R\$), – custo FOB – é obtido pelas expressões abaixo (ou no Gráfico B.27, anexo B, em função das dimensões da comporta vagão de emergência e da carga hidrostática aplicada sobre a soleira da mesma), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$\text{para } 0,13 \leq z \leq 54,35: C_{pcr} = -0,71 \times z^2 + 97,3 \times z + 57,78$$

$$\text{sendo: } z = \frac{B_{cp}^2 \times H_{cp} \times H_x}{1000}$$

onde:

z	Parâmetro, em m^4
B_{cp}	Largura da comporta, em m
H_{cp}	Altura da comporta, em m
H_x	Carga hidrostática máxima no fundo da comporta, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Grades e Limpa Grades (Conta .12.19.30.23.21)

O custo global de aquisição do conjunto de grades metálicas e respectivas peças fixas, C_{gr} (R\$) – custo FOB – é obtido no Gráfico B28, Anexo B, em função de suas dimensões ou pela expressão equivalente abaixo, referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento:

$$\text{válido para } 2 \leq (B \times H) \leq 750: C_{gr} = 5,35 \times B \times H$$

onde:

B	Largura das grades, em m
H	Altura das grades, em m
1,0	Velocidade do escoamento na seção das grades, em m/s

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Outros custos (Conta .12.19.30.17)

A parcela de custo relativa a outros serviços deverá ser estimada adotando-se um percentual de 2% do custo total da tomada de água.

TOMADA DE ÁGUA INCORPORADA À CASA DE FORÇA (Conta .12.19.30)

Este item é aplicado para aproveitamentos equipados com turbinas Kaplan com caixa semi-espiral de concreto.

A tomada d'água que se recomenda neste item é mostrada na Figura 5.8.6.04a.

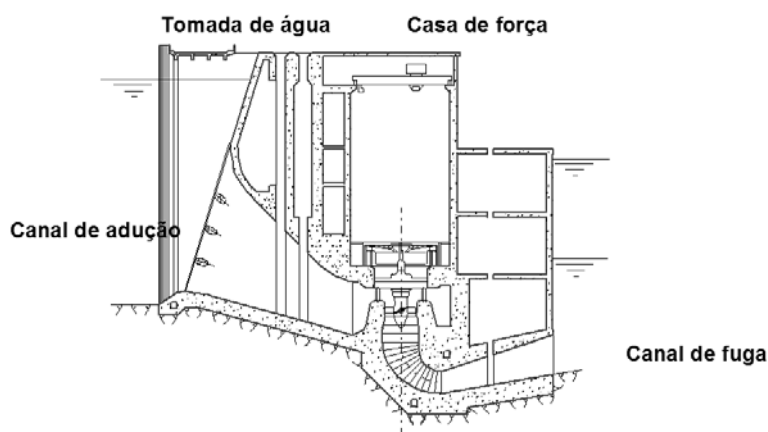


Figura 5.7.6.04a – Seção típica de tomada d'água incorporada à casa de força.

Dados básicos

As principais informações utilizadas no dimensionamento são as seguintes:

- Número de unidades geradoras, N_g , do item 5.7.2.
- Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.4.
- Cota da soleira da tomada de água, El_{sol} .
- Largura de um bloco de unidade da casa de força, B_{1cf} em m, do item 5.7.2.

As principais informações utilizadas na quantificação são as seguintes:

- Vazão turbinada máxima total, Q_t em m^3/s , do item 5.7.2.
- Volume de escavação em solo, V_{tta} em m^3 .
- Volume de escavação em rocha a céu aberto, V_{rta} em m^3 .
- Volume de concreto, V_{cta} em m^3 .
- Área de limpeza de fundação, A_{lf} em m^2 .
- Largura da comporta de emergência, L_{cp} em m.
- Altura da comporta de emergência, H_{cp} em m.
- Carga hidrostática máxima na soleira da comporta de emergência, H_x em m.
- Altura da comporta ensecadeira, H_{sl} em m.

Dimensões da Tomada D'água

O número de aberturas na tomada d'água, N_{at} , é dada pela expressão: $N_{at} = N_g$ onde:

N_g	Número de unidades geradoras
-------	------------------------------

A altura da tomada d'água, H_{ta} (m), é dada pela expressão:

$$H_{ta} = NA_{max} - El_{sol} + H_{bl} + 2,5$$

onde:

NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório
H_{bl}	4,0 m – altura de borda livre da tomada d'água, em m
El_{sol}	Cota da soleira da tomada d'água, em m

A largura do bloco da unidade no sentido transversal ao fluxo, B_{1ta} (m), é dada pela expressão:

$$B_{1ta} = B_{1cf}$$

onde:

B_{1cf}	Largura do bloco da unidade da casa de força, em m
-----------	--

E a largura total, B_{ta} (m), é dada pela expressão:

$$B_{ta} = N_g \times B_{1ta} + 2 \times 2,0$$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
B_{1ta}	Largura do bloco da unidade, em m
2,0	Espessura extra dos pilares extremos, em m

A projeção horizontal do comprimento da tomada d'água na base, no sentido do fluxo, L_{ta} (m), é dada pela expressão:

$$L_{ta} = 9,2 + 0,20 \times H_{ta}$$

onde:

H_{ta}	Altura da tomada d'água, em m
0,2	Inclinação do paramento de montante

Escavação Comum (Conta .12.19.30.12.10)

O volume de escavação comum deverá ser determinado a partir do projeto.

O preço unitário de escavação comum é de R\$ 7,60/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da tomada, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (Conta .12.19.30.12.11)

O volume de escavação em rocha deverá ser determinado a partir do projeto.

O preço unitário de escavação em rocha é de R\$ 21,00/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da tomada, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (Conta .12.19.30.13)

A área de limpeza de fundação deverá ser determinada a partir do projeto.

Deve-se prever, como tratamento de fundação, uma linha de drenagem imediatamente a jusante de uma cortina de injeção de cimento, cada uma com comprimento total de perfuração, L_{tf} (m), dada pela expressão:

$$L_{tf} = \frac{B_{ta}}{3,0} \times L_{1tf} \qquad L_{1tf} = 1,5 \times (NA_{max} - El_{sol}) \leq 40 \text{ m}$$

onde:

B_{ta}	Largura total da tomada d'água, em m
L_{1tf}	Comprimento de um furo de injeção de cimento, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
El_{sol}	Cota da soleira, em m
3,0	Espaçamento entre os furos, em m

Os preços unitários dos serviços correspondentes a limpeza e tratamento de fundação – expressos em reais, referidos a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste –, incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/m²
- Furo roto-percussivo: 168,00/m
- Injeção com calda de cimento: 72,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (Conta .12.19.30.14)

O volume de concreto da tomada d'água, V_{cta} (m³), deverá ser definido a partir do projeto.

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m ³)	Armadura (kg/m ³)
Parede externa	200	40
Bloco da unidade	300	60

O preço unitário do cimento é de R\$ 348,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da armadura é de R\$ 4.327,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do concreto sem cimento expressos em reais por metro cúbico do volume da tomada e referidos a dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Tomada: 214,00/m³
- Paredes externas: 128,00/m³

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressivas, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobilização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço unitário do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Comportas de Emergência (Conta .12.19.30.23.16)

O custo de aquisição de cada comporta de emergência da tomada d'água, C_{cp} (R\$), engloba o respectivo sistema de acionamento e peças fixas de guia – custo FOB, sem inclusão de custos de transporte e seguro, montagem e testes e provisões para impostos e taxas incidentes conforme legislação tributária vigente – e é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B.23, Anexo B, em função de suas dimensões e carga hidrostática máxima), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento

para: $0,13 \leq z \leq 9,17$: $C_{cp} = -4,3986 \times z^2 + 124,79 \times z + 110,2$ e

para: $9,17 \leq z \leq 125,39$: $C_{cp} = -0,128 \times z^2 + 57,311 \times z + 369,83$

sendo:

$$z = \frac{B_{cp}^2 \times H_{cp} \times H_{xe}}{1000} \qquad H_{xe} = \frac{NA_{max} - EI_{td}}{3}$$

$$B_{cp} = \frac{0,88 \times D_{td}}{n_v} \qquad H_{cp} = 1,13 \times D_{td}$$

$$n_v = \text{int}\left(\frac{D_{td}}{4,5} + 0,9\right)$$

onde:

z	Parâmetro, em m^4
B_{cp}	Largura das comportas do túnel de desvio, em m
H_{cp}	Altura das comportas do túnel de desvio, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta do túnel de desvio, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
D_{td}	Diâmetro interno dos túneis, em m
n_v	Número de vãos da estrutura de emboque de cada túnel de desvio
$\text{int}(x)$	Função que retorna com a parte inteira de x

Ao custo FOB, deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro.
- 8,0%: para montagem e testes.
- 28,0%: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Comportas Ensecadeira (Conta .12.19.30.23.17)

O custo de aquisição de cada comporta ensecadeira da tomada d'água, C_{sl} (R\$) – custo FOB – é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B.25, Anexo B, em função de suas dimensões e carga hidrostática), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento:

válido para $0,16 \leq z \leq 54,43$: $C_{sl} = 72,896 \times z^{0,716}$

sendo:

$$z = \frac{B_{cp}^2 \times H_{cp} \times H_x}{1000} \qquad H_x = NA_{max} - EI_{td}$$

onde:

z	Parâmetro, em m^4
B_{cp}	Largura das comportas do túnel de desvio, em m
H_{cp}	Altura das comportas do túnel de desvio, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta do túnel de desvio, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos

O custo global de aquisição de guias e partes fixas embutidas no concreto, C_{gpf} (R\$), da comporta ensecadeira da tomada d'água – custo FOB – é dado pela expressão abaixo, referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento:

$$C_{gpf} = 2 \times N_v \times N_{td} \times H_{td} \times 2084,80$$

sendo: $H_{td} = 2,5 \times H_{cp}$

onde:

N_v	Número de vãos da estrutura de emboque de cada túnel de desvio
N_{td}	Número de túneis de desvio
H_{td}	Altura da estrutura do emboque desde a soleira, em m
H_{cp}	Altura das comportas do túnel de desvio, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos

Guindaste (Conta .12.19.30.23.20)

O custo de aquisição do pórtico rolante, C_{pcr} (R\$), da tomada d'água – custo FOB – é obtido pelas expressões abaixo (ou no Gráfico B.27, Anexo B, em função das dimensões da comporta vagão de emergência e da carga hidrostática aplicada sobre a soleira da mesma), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento:

para $0,13 \leq z \leq 54,35$: $C_{pcr} = -0,71 \times z^2 + 97,3 \times z + 57,78$

sendo: $z = \frac{B_{cp}^2 \times H_{cp} \times H_x}{1000}$

onde:

z	Parâmetro, em m^4
B_{cp}	Largura das comportas do túnel de desvio, em m
H_{cp}	Altura das comportas do túnel de desvio, em m
H_x	Carga hidrostática máxima na soleira da comporta do túnel de desvio, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos

Grades e Limpa Grades (Conta .12.19.30.23.21)

O custo global de aquisição do conjunto de grades metálicas e respectivas peças fixas, C_{gr} (R\$), – custo FOB – é obtido no Gráfico B28, Anexo B, em função de suas dimensões ou pela expressão equivalente abaixo, referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento:

Válido para $2 \leq (B \times H) \leq 750$: $C_{gr} = 5,35 \times B \times H$

onde:

B	Largura das grades, em m
H	Altura das grades, em m
1,0	Velocidade do escoamento na seção das grades, em m/s

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos

Outros Custos (Conta .12.19.30.17)

A parcela de custo relativa a outros serviços deverá ser estimada adotando-se um percentual de 2% do custo total da tomada de água.

TÚNEL DE ADUÇÃO

As principais informações utilizadas para dimensionamento são:

- Vazão turbinada máxima, Q_t , em m^3/s , do item 5.7.2.
- Comprimento do túnel, L_{ad} , em m.
- Comprimento do trecho revestido com concreto estrutural, L_c , em m.
- Comprimento do trecho revestido com concreto projetado, L_{cp} , em m.

As informações utilizadas para quantificação são as seguintes:

- Condições geológicas da região atravessada pelos túneis.
- Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.4.
- Cota da soleira da tomada d'água, El_{sol} .
- Comprimento do trecho com tratamento de fundação, L_{pt} , em m.

Considerações e Recomendações

Este texto refere-se a um túnel de adução com seção típica apresentada na Figura 5.7.6.05.

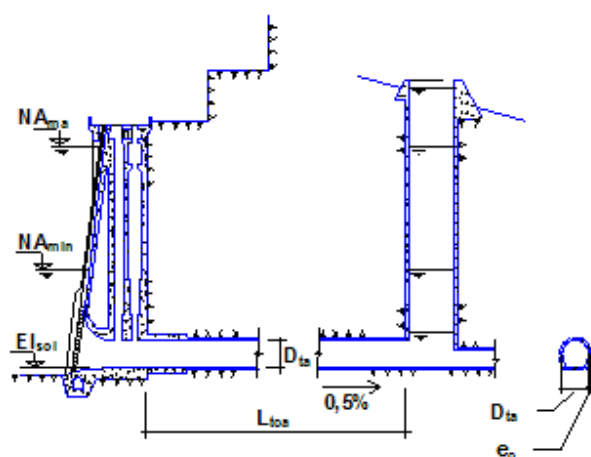


Figura 5.7.6.05 – Seção longitudinal e transversal típicas de túnel de adução.

Em túneis de adução que resultarem em diâmetro superior ao limite máximo, dever-se-á aumentar a velocidade média do escoamento até o limite, e se necessário revestir com concreto projetado para elevar o limite de velocidade.

Para túneis com diâmetros inferiores ao mínimo, pode-se diminuir a velocidade média ou avaliar a substituição de um trecho por canal ou por conduto externo.

Recomenda-se admitir uma inclinação do túnel de 0,005 m/m.

Diâmetro do Túnel de Adução

Admite-se inicialmente uma velocidade média do escoamento, v_{ad} (m/s), como sendo:

$$v_{ad} = 0,8 \times v_{max}$$

sendo:

v_{max}	Tipo de revestimento
2,2	Para túnel não revestido
3,0	Para túnel revestido com concreto projetado
4,5	Para túnel revestido com concreto estrutural

onde:

v_{max}	Velocidade média limite do escoamento no túnel, em m/s
-----------	--

O diâmetro interno do túnel de adução, D_{ad} (m), é dado pela expressão abaixo:

$$D_{ad} = \sqrt{\frac{Q_t}{0,8927 \times v_{ad}}}$$

sendo: $2,5 \leq D_{ad} \leq 15,0$ m

onde:

Q_t	vazão turbinada máxima, em m ³ /s
v_{ad}	velocidade média do escoamento, em m/s

A perda de carga total ao longo do túnel, h_a (m), é dada pela expressão: $h_a = h_o + h_f$

sendo:

$$h_o = \sum k_{oi} \times \frac{v_{ad}^2}{2 \times g}$$

$$h_f = 6,23 \times [(L_{ad} - L_c - L_{cp}) \times n^2 + L_c \times n_{cr}^2 + L_{cp} \times n_{cp}^2] \times \frac{v_{ad}^2}{D_{ad}^{4/3}}$$

Para $(r_i/D_{ad}) < 5$

$$k_{oi} = 0,2147 \times \left(\frac{r_i}{D_{ad}} \right)^{-0,5718} \times (0,0746 \times \theta_i^3 - 0,4698 \times \theta_i^2 + 1,1928 \times \theta_i)$$

Para $(r_i/D_{ad}) \geq 5$

$$k_{oi} = \left(0,08 - 0,002 \times \left(\frac{r_i}{D_{ad}} - 5 \right) \right) \times (0,0746 \times \theta_i^3 - 0,4698 \times \theta_i^2 + 1,1928 \times \theta_i)$$

onde:

h_o	Perda de carga em curvas, em m
h_f	Perda de carga contínua, em m
v_{ad}	Velocidade média do escoamento no túnel, em m/s
g	9,81 m/s ² - aceleração da gravidade
k_{oi}	Coefficiente de perda de carga nas curvas do túnel
r_i	Raio de curvatura do trecho, em metros
L_{ad}	Comprimento do túnel, em m
L_c	Comprimento do trecho revestido com concreto estrutural, em m
L_{cp}	Comprimento do trecho revestido com concreto projetado, em m
n	0,035, coeficiente de Manning do trecho não revestido
n_{cr}	0,012, coeficiente de Manning do trecho revestido com concreto estrutural
n_{cp}	0,022, coeficiente de Manning do trecho revestido com concreto projetado
D_{ad}	Diâmetro interno do túnel, em m
θ	Deflexão do eixo do túnel, em radianos

Escavação Subterrânea em Rocha (Conta .12.19.32.12.12)

O volume de escavação subterrânea em rocha no túnel de adução, V_{sad} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{sad} = V_{sae} + V_{san}$$

sendo:

$$V_{sae} = 0,8927 \times (D_{ad} + 2 \times e_c)^2 \times L_c$$

$$V_{san} = 0,8927 \times D_{ad}^2 \times (L_{ad} - L_c)$$

$$e_c = k_g \times [0,091 \times D_{ad}^{0,62} + 0,0034 \times (H - 30)]$$

$$H = NA_{max} - El_{sol}$$

k_g	Condições geológicas
1,0	Boas
1,4	Médias
2,0	Ruim ou sem informação

onde:

V_{sac}	Volume de escavação subterrânea do trecho revestido com concreto estrutural, em m ³
V_{san}	Volume de escavação subterrânea do trecho não revestido e revestido com concreto projetado, em m ³
D_{ad}	Diâmetro interno do túnel, em m
e_c	Espessura de revestimento de concreto estrutural, em m
k_g	Coefficiente que traduz as condições geológicas
H	Carga hidrostática no túnel, em m
e_{cp}	0,05 m, espessura do revestimento de concreto projetado
L_{ad}	Comprimento do túnel, em m
L_c	Comprimento do túnel revestido com concreto estrutural, em m
L_{cp}	Comprimento do túnel revestido com concreto projetado, em m
NA_{max}	Nível de água máximo normal do reservatório, em m
El_{sol}	Cota da soleira da tomada de água, em m

O preço unitário de escavação subterrânea em rocha, P_{us} (R\$/m³), referido a dezembro de 2006 e aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 33, anexo B, em função da área da seção de escavação). Esse valor, correspondente ao preço por metro cúbico medido na linha de projeto e inclui escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5 km e descarga:

$$\text{válido para } 4 \leq A_{se} \leq 300 : P_{us} = 474,08 \times A_{se}^{-0,3987}$$

$$\text{sendo: } A_{se} = 0,8927 \times D_{ad}^2$$

onde:

A_{se}	Área da seção de escavação, em m ²
----------	---

Uma avaliação cuidadosa para situações distintas, nas quais os túneis formam uma parcela representativa do orçamento, deverá ser realizada, verificando-se principalmente as condições geológicas da região e traçados com grandes comprimentos.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (Conta .12.19.32.13)

O comprimento total de chumbadores, L_{tff} (m), é dado pela expressão:

$$L_{tff} = 11,9 \times D_{ad} \times L_{pt}$$

onde:

D_{ad}	Diâmetro interno do túnel, em m
L_{pt}	Comprimento do trecho com tratamento de fundação, em m

O preço unitário de chumbador é de R\$ 241,00/m referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro medido no corte do material escavado e inclui a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (Conta .12.19.32.14)

O volume de concreto, V_{cad} (m^3), é dado pela expressão: $V_{cad} = V_{cap} + V_{cae}$

sendo:

$$V_{cap} = 2,57 \times D_{ad} \times L_{cp} \times e_{cp}$$

$$V_{cae} = 0,8927 \times \left[(D_{ad} + 2 \times e_c)^2 - D_{ad}^2 \right] \times L_c$$

onde:

V_{cap}	Volume de concreto projetado, em m^3
V_{cae}	Volume de concreto estrutural de revestimento, em m^3
D_{ad}	Diâmetro interno do túnel, em m
L_{cp}	Comprimento do túnel revestido com concreto projetado, em m
e_{cp}	0,05, espessura média de concreto projetado, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto estrutural, em m
L_c	Comprimento do túnel revestido com concreto estrutural, em m

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m^3)	Armadura (kg/m^3)
Concreto convencional	250	50
Concreto projetado	300	70

O preço unitário do cimento é de R\$ 348,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da armadura é de R\$ 4.327,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do concreto sem cimento expressos em reais por metro cúbico do volume do túnel e referidos a dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Concreto convencional: 234,00/ m^3
- Concreto projetado: 378,00/ m^3

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressivas, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobi-

lização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço unitário do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO (Conta .12.19.33)

A adoção de chaminé de equilíbrio deve atender os critérios estabelecidos no item 5.5.2.

Dados Básicos

As principais informações utilizadas para dimensionamento desta estrutura vêm do arranjo geral e dos itens 4.4 Identificação das alternativas de divisão de queda e 5.3 Estudos energéticos, e são as seguintes:

- Velocidade média do escoamento no túnel de adução, v_{ad} em m/s, do item 5.7.6.
- Comprimento do túnel de adução, L_{ad} em m, do item 5.7.6.
- Diâmetro do túnel de adução, D_{ad} em m, do item 5.7.6.
- Perda de carga no túnel de adução, h_a em m, do item 5.7.6.
- Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.4, em m.
- Nível de água mínimo do reservatório, NA_{min} , do item 5.3, em m.
- Cota da linha de centro do distribuidor da turbina, El_d , do item 5.7.2, em m.
- Cota da soleira da tomada de água, El_{sol} , em m.
- Cota do terreno na área da chaminé de equilíbrio, El_{te} , em m.
- Espessura média da camada de solo na área da chaminé, e_{te} em m.

Considerações

Este texto refere-se a uma chaminé com seção típica apresentada na Figura 5.7.6.06 ou 5.7.6.07.

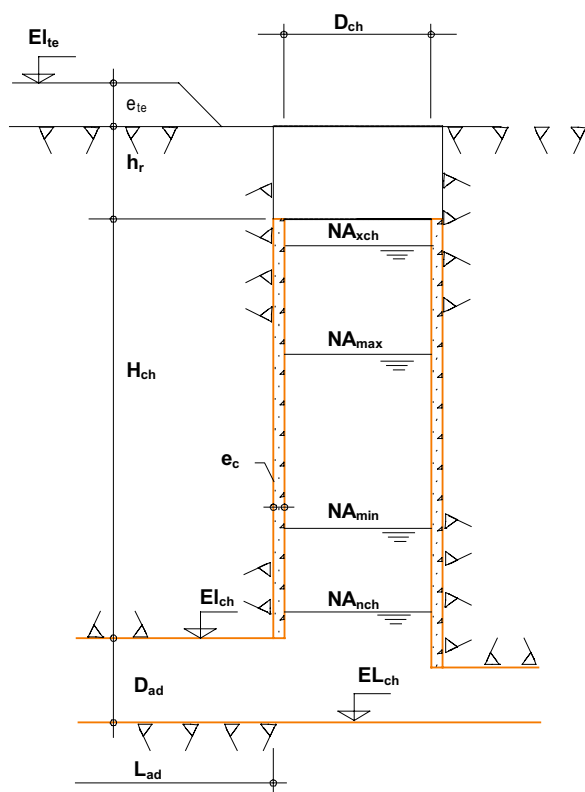


Figura 5.7.6.06 – Seção típica de chaminé de equilíbrio.

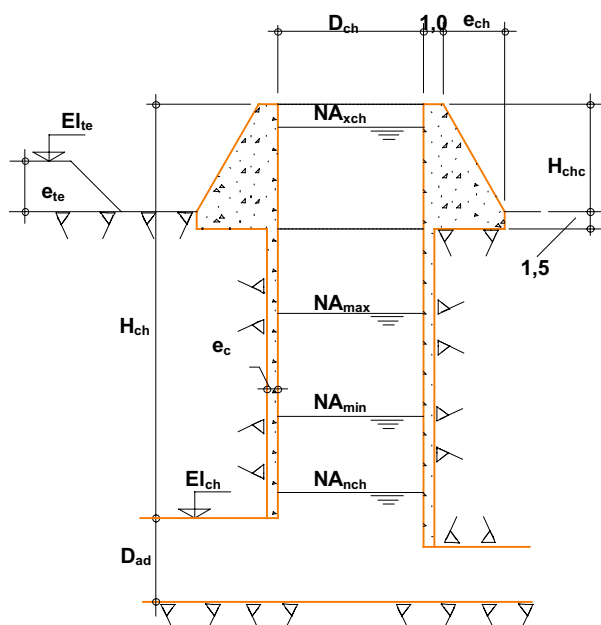


Figura 5.7.6.07 – Seção típica de chaminé de equilíbrio com oscilação máxima acima do topo da rocha.

Dimensões da Chaminé de Equilíbrio

A área da seção transversal da chaminé de equilíbrio, A_{ch} (m^2), é dada pela expressão:

$$A_{ch} = 1,25 \times \frac{v_{ad}^2}{2 \times g} \times \frac{L_{ad} \times A_{ad}}{(H_d - h_e - h_a) \times (h_e + h_a)}$$

sendo:

$$A_{ad} = 0,8927 \times D_{ad}^2$$

$$H_d = NA_{min} - El_d$$

$$h_e = 0,20 \times \frac{v_{ad}^2}{2 \times g}$$

onde:

v_{ad}	Velocidade média do escoamento no túnel de adução, em m/s
g	9,81 m/s^2 , aceleração normal da gravidade
L_{ad}	Comprimento do túnel de adução, em m
A_{ad}	Área da seção transversal do túnel de adução, em m^2
H_d	Altura estática mínima, em m
h_e	Perda de carga na entrada da tomada de água, em m
h_a	Perda de carga no túnel de adução, em m
D_{ad}	Diâmetro do túnel de adução, em m
NA_{min}	Nível d'água mínimo do reservatório, em m
El_d	Cota da linha de centro do distribuidor da turbina, em m

O diâmetro interno da chaminé de equilíbrio, D_{ch} (m), é dado pela expressão:

$$D_{ch} = \sqrt{\frac{4 \times A_{ch}}{\pi}}$$

onde:

A_{ch} Área da seção transversal da chaminé de equilíbrio, em m^2

A oscilação máxima na chaminé de equilíbrio, Y_{max} (m), é dada pela expressão:

$$Y_{max} = v_{ad} \times \sqrt{\frac{L_{ad} \times A_{ad}}{g \times A_{ch}}}$$

onde:

v_{ad} Velocidade média do escoamento no túnel de adução, em m/s

L_{ad} Comprimento do túnel de adução, em m

A_{ad} Área da seção transversal do túnel de adução, em m^2

g 9,81 m/s^2 , aceleração normal da gravidade

A_{ch} Área da seção transversal da chaminé de equilíbrio, em m^2

Os níveis d'água máximo e mínimo na chaminé de equilíbrio, NA_{xch} e NA_{nch} , são dados pelas expressões:

$$NA_{xch} = NA_{max} - \frac{2}{3} \times (h_e + h_a) + Y_{max}$$

$$NA_{nch} = NA_{min} + 2 \times (h_e + h_a) - Y_{max}$$

onde:

NA_{max} Nível d'água máximo normal do reservatório, em m

h_e Perda de carga na entrada da tomada de água, em m

h_a Perda de carga no túnel de adução, em m

Y_{max} Oscilação máxima na chaminé de equilíbrio, em m

NA_{min} Nível de água mínimo do reservatório, em m

A cota do fundo da chaminé, El_{ch} , é dada pela expressão:

$$El_{ch} = El_{sol} - 0,005 \times L_{ad} + D_{ad} \leq NA_{nch} - 1,0$$

onde:

El_{sol} Cota da soleira da tomada de água, em m

L_{ad} Comprimento do túnel de adução, em m

D_{ad} Diâmetro do túnel de adução, em m

NA_{nch} Nível d'água mínimo na chaminé de equilíbrio, em m

A altura da chaminé de equilíbrio, H_{ch} (m), é dada pela seguinte expressão:

$$H_{ch} = NA_{xch} + 1,0 - El_{ch}$$

onde:

NA_{xch} Nível d'água máximo na chaminé de equilíbrio

El_{tc} Cota do terreno no eixo da chaminé, em m

1,0 Folga, em m

No caso de nível d'água máximo na chaminé de equilíbrio ultrapassar o topo da rocha (Figura 5.7.6.07), a altura da chaminé de equilíbrio acima do topo da rocha, H_{chc} (m), é dada pela expressão abaixo:

$$\text{Para } NA_{xch} + 1,0 > El_{te} - e_{te} : \quad H_{chc} = NA_{xch} + 1,0 - (El_{te} - e_{te})$$

onde:

NA_{xch}	Nível d'água máximo na chaminé de equilíbrio
El_{te}	Cota do terreno no eixo da chaminé, em m
e_{te}	Espessura média da camada de solo na área da chaminé, em m

Ainda no mesmo caso, a espessura adicional de concreto na base do contraforte, e_{ch} (m), é dada pela expressão:

$$e_{ch} = \frac{D_{ch}}{2} \left(\sqrt{\frac{\sigma_c + p_s}{\sigma_c - p_s}} - 1 \right)$$

$$\text{sendo: } p_s = \frac{NA_{xch} - (El_{te} - e_{te})}{10}$$

onde:

D_{ch}	Diâmetro interno da chaminé de equilíbrio, em m
σ_c	10 kg/cm ² – resistência do concreto à tração
p_s	Pressão de serviço, em kg/cm ²
NA_{xch}	Nível d'água máximo na chaminé de equilíbrio, em m
El_{te}	Cota do terreno no eixo da chaminé, em m
e_{te}	Espessura média da camada de solo na área da chaminé, em m

Caso contrário, quando o nível d'água máximo na chaminé de equilíbrio não ultrapassa o topo da rocha (Figura 5.8.6.06), a profundidade média de rocha acima do topo da chaminé de equilíbrio, h_r (m), é dada pela expressão abaixo:

$$\text{Para } NA_{xch} + 1,0 \leq El_{te} - e_{te} : \quad h_r = El_{te} - e_{te} - (NA_{xch} + 1,0)$$

onde:

El_{te}	Cota do terreno na área da chaminé de equilíbrio, em m
e_{te}	Espessura da camada de solo na área da chaminé, em m
NA_{xch}	Nível de água máximo na chaminé de equilíbrio

Em qualquer caso, a espessura do revestimento de concreto, e_c (m), é dada pela expressão:

$$e_c = 0,00274 \times D_{ch}^2 + 0,018 \times D_{ch} + 0,10$$

onde:

D_{ch}	Diâmetro interno da chaminé de equilíbrio, em m
----------	---

Escavação Comum (Conta .12.19.33.12.10)

O volume de escavação comum, V_{tch} (m³), é dado por uma das expressões:

$$\text{se } H_{chc} > 0 : V_{tch} = \frac{\pi}{4} \times [D_{ch} + 2 \times (1 + e_{ch} + e_{te})]^2 \times e_{te}$$

$$\text{se } H_{chc} \leq 0 : V_{tch} = \frac{\pi}{4} \times [D_{ch} + 2 \times (e_c + e_{te})]^2 \times e_{te}$$

onde:

D_{ch}	Diâmetro interno da chaminé de equilíbrio, em m
e_{ch}	Espessura adicional de concreto na base do contraforte, em m
e_{te}	Espessura da camada de solo na área do chaminé, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto, em m

O preço unitário de escavação comum é de R\$ 7,60/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto da chaminé. O preço inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação Subterrânea em Rocha (Conta .12.19.33.12.12)

O volume de escavação subterrânea em rocha, V_{sch} (m³), é dado por uma das expressões:

se $H_{chc} > 0$:

$$V_{sch} = \frac{\pi}{4} \times (D_{ch} + 2 \times e_c)^2 \times (H_{ch} - H_{chc}) + \pi \times (D_{ch} + e_c + e_{ch} + 1) \times (e_{ch} + 1 - e_c) \times 1,5$$

se $H_{chc} \leq 0$:

$$V_{sch} = \frac{\pi}{4} \times (D_{ch} + 2 \times e_c)^2 \times (h_r + H_{ch})$$

onde:

D_{ch}	Diâmetro interno da chaminé de equilíbrio, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto, em m
H_{ch}	Altura da chaminé de equilíbrio, em m
H_{chc}	Altura da chaminé de equilíbrio acima do topo da rocha, em m
e_{ch}	Espessura adicional de concreto na base do contraforte, em m
h_r	Profundidade média de rocha acima do topo da chaminé de equilíbrio, em m

O preço unitário de escavação subterrânea em rocha, P_{us} (R\$/m³), incluindo escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga é obtido na expressão abaixo (ou no Gráfico B 33, Anexo B, em função da área da seção de escavação), em reais, referido a dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados na região Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste:

$$\text{válido para } 4 \leq A_{se} \leq 300 : P_{us} = 474,08 \times A_{se}^{-0,3987}$$

$$\text{sendo: } A_{se} = \frac{\pi}{4} \times (D_{ch} + 2 \times e_c)^2$$

onde:

A_{sc}	Área da seção de escavação, em m^2
D_{ch}	Diâmetro interno da chaminé de equilíbrio, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto, em m

Uma avaliação cuidadosa para situações distintas, nas quais os túneis formam uma parcela representativa do orçamento, deverá ser realizada, verificando-se principalmente as condições geológicas da região e traçados com grandes comprimentos.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (Conta .12.19.33.13)

A área de limpeza da fundação, A_{lf} (m^2), é dada por uma das expressões abaixo:

se $H_{chc} > 0$:

$$A_{lf} = \pi \times (D_{ch} + 2 \times e_c) \times (H_{ch} - H_{chc}) + \pi \times (D_{ch} + e_c + e_{ch} + 1) \times (e_{ch} + 1 - e_c)$$

se $H_{chc} \leq 0$:

$$A_{lf} = \pi \times (D_{ch} + 2 \times e_c) \times H_{ch}$$

onde:

D_{ch}	Diâmetro interno da chaminé de equilíbrio, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto, em m
H_{ch}	Altura da chaminé de equilíbrio, em m
H_{chc}	Altura da chaminé de equilíbrio acima do topo da rocha, em m
e_{ch}	Espessura adicional de concreto na base do contraforte, em m

O comprimento de injeção de contato e consolidação, L_f (m), é dado por uma das expressões abaixo:

$$\text{se } H_{chc} > 0: L_f = 2 \times \pi \times (D_{ch} + 2 \times e_c) \times (H_{ch} - H_{chc})$$

$$\text{se } H_{chc} \leq 0: L_f = 2 \times \pi \times (D_{ch} + 2 \times e_c) \times H_{ch}$$

onde:

D_{ch}	Diâmetro interno da chaminé de equilíbrio, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto, em m
H_{ch}	Altura da chaminé de equilíbrio, em m
H_{chc}	Altura da chaminé de equilíbrio acima do topo da rocha, em m

Os preços unitários dos serviços correspondentes a limpeza e tratamento de fundação – expressos em reais, referidos a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste –, incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/ m^2
- Furo roto-percussivo: 168,00/m
- Injeção com calda de cimento: 72,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (Conta .12.19.33.14)

Os volumes de concreto estrutural, V_{cch} (m³), e de concreto projetado, V_{cp} (m³), são dados por uma das expressões abaixo:

se $H_{chc} > 0$:

$$V_{cch} = \left(\frac{A_1 + A_2}{2} - A_{ch} \right) \times H_{chc} + (A_0 - A_{ch}) \times H_{ch} + (A_2 - A_0) \times 1,5$$

sendo:

$$A_0 = \frac{\pi}{4} \times (D_{ch} + 2 \times e_c)^2 \qquad A_1 = \frac{\pi}{4} \times (D_{ch} + 2,0)^2$$

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \times (D_{ch} + 2,0 + 2 \times e_{ch})^2 \qquad V_{cp} = 0$$

se $H_{chc} \leq 0$:

$$V_{cch} = \pi \times (D_{ch} + e_c) \times e_c \times H_{ch}$$

$$V_{cp} = \pi \times (D_{ch} + e_c) \times e_c \times h_r$$

Para concreto projetado, recomenda-se a espessura do revestimento (e_c) igual a 0,10 m.

onde:

A_1	Áreas auxiliares, em m ²
A_{ch}	Área da seção transversal da chaminé de equilíbrio, em m ²
D_{ch}	Diâmetro interno da chaminé de equilíbrio, em m
H_{chc}	Altura da chaminé de equilíbrio acima do topo da rocha, em m
e_{ch}	Espessura adicional de concreto na base do contraforte, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto, em m
H_{ch}	Altura da chaminé de equilíbrio, em m
h_r	Profundidade média de rocha acima do topo da chaminé de equilíbrio, em m

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m ³)	Armadura (kg/m ³)
Concreto convencional	250	50
Concreto projetado	300	70

O preço unitário do cimento é de R\$ 348,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da armadura é de R\$ 4.327,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do concreto sem cimento expressos em reais por metro cúbico do volume da chaminé e referidos a dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul,

Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5 km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Concreto convencional: 214,00/m³
- Concreto projetado: 378,00/m³

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressivas, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobilização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço unitário do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

CONDUTOS FORÇADOS EXTERNOS (Conta .12.19.34)

Dados Básicos

As principais informações utilizadas no dimensionamento vêm do arranjo geral do aproveitamento e dos estudos energéticos e são as seguintes:

- Comprimento da projeção horizontal de cada trecho, L_{h1} , L_{h2} e L_h , em m.
- Ângulo de inclinação de cada trecho em relação à horizontal, α_1 , α_2 e α_3 , em graus.
- Comprimento do túnel de adução, L_{ad} , em m, se for o caso.
- Potência de uma unidade geradora, P_1 em MW, do item 5.7.2.
- Coeficiente k, produto de rendimento da unidade geradora pela aceleração da gravidade, do item 2.1.
- Número de unidades geradoras, N_g , do item 5.7.2.
- Número de unidades geradoras por conduto forçado, N_f .
- Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.4.
- Nível d'água mínimo do reservatório, NA_{min} , do item 5.3.
- Cota mais baixa do terreno na área da tomada d'água, El_{ten} , em m.
- Espessura média da camada de solo na área dos condutos forçados, e_{te} em m.
- Nível d'água normal do canal de fuga, NA_{fu} , do item 4.4.
- Cota da linha de centro do distribuidor da turbina, El_d , do item 5.7.2.
- Queda líquida máxima, H_l em m, do item 5.3.
- Perda de carga no canal de adução, h_c em m, do item 5.7.6., quando for o caso.
- Perda de carga no túnel de adução, h_a em m, do item 5.7.6., quando for o caso.
- Diâmetro da entrada da caixa espiral, A, em m, do item 5.7.2., se for o caso.

As principais informações utilizadas na quantificação são as seguintes:

- Nível d'água máximo no canal de fuga, NA_{xfu} , do item 5.1.2.
- Nível d'água máximo na chaminé de equilíbrio, NA_{xch} , do item 5.7.6., quando for o caso.
- Comprimento do trecho em túnel, L_t em m, se for o caso
- Volume de escavação comum, V_{ttf} em m³.
- Volume de escavação em rocha a céu aberto, V_{rtf} em m³.

Considerações e Recomendações

Entende-se por trecho o segmento entre duas deflexões no plano vertical, contados a partir da saída da tomada d'água, ponto 0, até a entrada da casa de força, ponto 4, como mostra a figura 5.7.6.08.

Por uma questão metodológica, o comprimento do trecho 3, L_3 , é obtido a partir dos demais dados.

Neste texto, o termo bifurcação é utilizado indistintamente também para trifurcação e repartidores.

A projeção horizontal dos trechos 1 e 4, L_{h1} e L_{h4} , deverá ter um comprimento mínimo para concordar uma curva.

$$L_{h1} \geq 4 \times D_b \times \operatorname{tg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \quad L_{h4} \geq 4 \times D_b \times \operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2}$$

onde:

D_b	Diâmetro interno do conduto forçado definido adiante, em m
α_i	Inclinação do trecho i em relação à horizontal, em graus

Em condutos com apenas três trechos, dever-se-á admitir:

$$\alpha_3 = \alpha_2 \quad \text{e}$$

$$L_{h2} = 1,0 \text{ m}$$

onde:

L_{h2}	Comprimento da projeção horizontal do trecho 2, em m
α_i	Inclinação do trecho i em relação à horizontal, em graus

Diâmetro Interno e Velocidade Média do Escoamento

O número de condutos forçados, N_t , é dado pela expressão:

$$N_t = \frac{N_g}{N_f}$$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
N_f	Número de unidades geradoras por conduto forçado

O diâmetro interno do conduto forçado, D_b (m), pode ser determinado pela expressão:

$$D_b = 14,2 \times \frac{(N_f \times P_1)^{0,43}}{H_{b1}^{0,65}}$$

$$\text{sendo: } H_{b1} = NA_{\max} - NA_{fu}$$

onde:

N_f	Número de unidades geradoras por conduto forçado
P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
H_{b1}	Queda bruta máxima, em m
NA_{\max}	Nível d'água máximo normal do reservatório
NA_{fu}	Nível d'água normal do canal de fuga

A vazão turbinada máxima de cada turbina, Q_1 (m^3/s), é dada pela expressão:

$$Q_1 = \frac{10^6 \times P_1}{k \times H_1}$$

sendo:

$$k = \rho \times g \times \eta_{t1} \times \eta_{g1} \qquad P_2 = \frac{P_1}{f_p}$$

para turbinas Francis:

$$\eta_{t1} = 0,856 \times Q_1^{0,013} \qquad \eta_{g1} = 0,92 \times P_2^{0,01}$$

para turbinas Pelton e Kaplan:

$$\eta_{t1} = 0,96 \qquad \eta_{g1} = 0,98$$

onde:

P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
k	Coefficiente
H_1	Queda líquida máxima, em m
ρ	1.000kg/m ³ – massa específica da água
η_{t1}	Rendimento da turbina para queda líquida máxima
η_{g1}	Rendimento do gerador para queda líquida máxima
g	9,81m/s ² – aceleração da gravidade
P_2	Potência de um gerador, em MVA
f_p	Fator de potência

A vazão máxima em cada conduto forçado, Q_{1f} (m³/s), é dada pela expressão:

$$Q_{1f} = N_f \times Q_1$$

onde:

N_f	Número de unidades geradoras por conduto forçado
Q_1	Vazão turbinada máxima de cada turbina, em m ³ /s

A velocidade média do escoamento no conduto forçado, v_b (m/s), é dada pela expressão:

$$v_b = \frac{4 \times Q_{1f}}{\pi \times D_b^2} \leq 7 \text{ m/s}$$

onde:

Q_{1f}	Vazão máxima em cada conduto forçado, em m ³ /s
D_b	Diâmetro interno do conduto forçado, em m

Caso esta limitação não seja atendida, dever-se-á adotar a velocidade limite e recalculer o diâmetro pela expressão:

$$D_b = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{Q_{1f}}{7}}$$

onde:

Q_{1f}	Vazão máxima em cada conduto forçado, em m ³ /s
----------	--

O diâmetro interno do conduto forçado após bifurcação ou do lateral após repartidor, D_{1b} (m), pode ser determinado pela expressão:

$$D_{1b} = \frac{D_b}{N_f^{3/8}}$$

onde:

D_b	Diâmetro interno do conduto forçado, em m
N_f	Número de unidades geradoras por conduto forçado

Perfil do Conduto Forçado

As cotas dos pontos 0 a 4, El_0 a El_4 , são obtidas pelas expressões:

$$El_0 = El_{sol} - i \times L_{ad} + \frac{D_b}{2} \qquad El_1 = El_0 - L_{h1} \times tg\alpha_1$$

$$El_2 = El_1 - L_{h2} \times tg\alpha_2 \qquad El_3 = El_4 = El_d$$

sendo:

$$El_{sol} = 0,5 \times \text{int} \left(\frac{NA_{\min} - h_c - h_s - H_{cp}}{0,5} \right)$$

$$El_{sol} \leq 0,5 \times \text{int} \left(\frac{El_{ten} - e_{te}}{0,5} \right) + 1,0$$

$$h_s = 0,8 \times v_{cp} \times \sqrt{H_{cp}}$$

$$v_{cp} = \frac{Q_{1f}}{B_{cp} \times H_{cp}}$$

para aproveitamentos sem túnel de adução:

$$B_{cp} = D_b \qquad H_{cp} = D_b$$

para aproveitamentos com túnel de adução:

$$B_{cp} = D_{ad} \qquad H_{cp} = D_{ad}$$

onde:

El_{sol}	Cota da soleira da tomada de água, em m
L_{ad}	Comprimento do túnel de adução, em m
D_b	Diâmetro interno do conduto forçado, em m
L_{hi}	Comprimento da projeção horizontal do trecho i, em m
α_i	Inclinação do trecho i em relação à horizontal, em graus
i	Declividade do túnel de adução
El_d	Cota da linha de centro do distribuidor da turbina, em m
NA_{\min}	Nível d'água mínimo normal do reservatório, em m
h_c	Perda de carga no canal de adução, em m, quando for o caso
h_s	Submergência mínima da tomada d'água (Gordon, 1970), em m
H_{cp}	Altura da comporta da tomada d'água, em m
El_{ten}	Cota mais baixa do terreno na área da tomada de água
e_{tc}	Espessura média da camada de solo na área dos condutos forçados, em m

v_{cp}	Velocidade do escoamento na comporta da tomada de água, em m/s
Q_{1f}	Vazão máxima em cada conduto forçado, em m ³ /s
B_{cp}	Altura da comporta da tomada de água, em m
Q_t	Vazão turbinada máxima total, em m ³ /s
D_{ad}	Diâmetro interno do túnel de adução, em m

O comprimento da projeção horizontal do trecho 3, L_{h3} (m), é dado pela expressão:

$$L_{h3} = \frac{El_2 - El_3}{\text{tg}\alpha_3}$$

onde:

El_i	Cota do ponto i, em m
α_3	Inclinação do trecho 3 em relação à horizontal, em graus

O comprimento do conduto é determinado a partir da definição do seu perfil.

O comprimento de cada trecho, L_i (m), do conduto é obtido pela expressão:

$$L_i = \frac{L_{hi}}{\cos \alpha_i}, \quad i = 1, 2, 3$$

onde:

L_{hi}	Comprimento da projeção horizontal do trecho i, em m
α_i	Inclinação do trecho i em relação à horizontal, em graus

O comprimento total do conduto, L_b (m), é dado pela expressão:

$$L_b = L_1 + L_2 + L_3 + L_{h4}$$

onde:

L_{h4}	Comprimento da projeção horizontal do trecho 4, em m
L_i	Comprimento do trecho i, em m

O comprimento da projeção horizontal do conduto, L_{hb} (m), é dado pela expressão:

$$L_{hb} = L_{h1} + L_{h2} + L_{h3} + L_{h4}$$

onde:

L_{hi}	Comprimento da projeção horizontal do trecho i, em m
----------	--

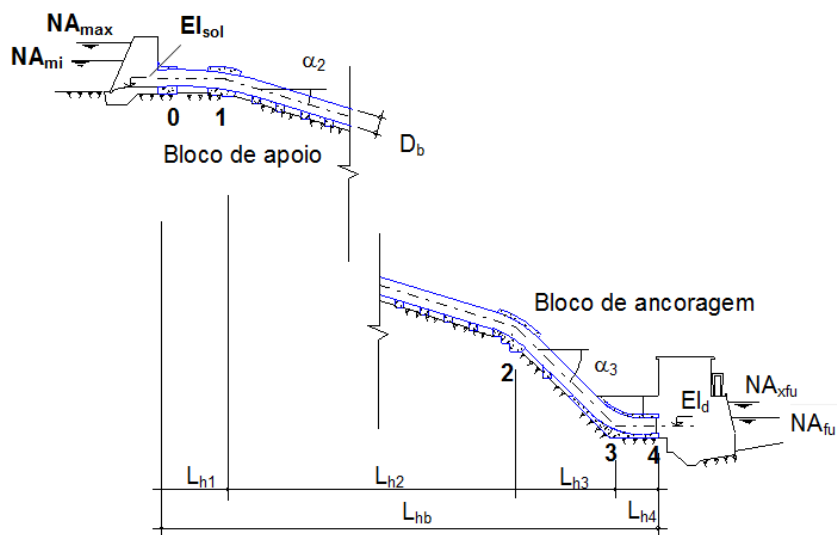


Figura 5.7.6.08 – Perfil esquemático de conduto forçado com quatro trechos.

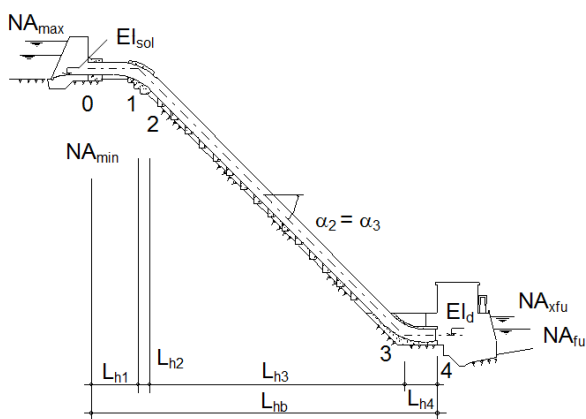


Fig. 5.7.6.09 Perfil esquemático de conduto forçado com três trechos

Sobrepessão

A sobrepessão máxima devida a golpe de aríete, h_{sx} (m), é obtida pela expressão:

$$h_{sx} = \frac{2 \times L_b \times v_b}{g \times T_c} \leq 0,30 \times H_d$$

sendo: $H_d = NA_{max} - El_d$

T_c	Para
6 s	Condutos curtos ($L_b \leq 3 \times H_{b1}$)
10 s	Condutos longos ($L_b > 3 \times H_{b1}$)

onde:

L_b	Comprimento total do conduto, em m
v_b	Velocidade média do escoamento no conduto, em m/s
g	9,81m/s ² – aceleração da gravidade
T_c	Tempo de fechamento da válvula ou do distribuidor da turbina, em s
H_d	Altura estática, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório;
El_d	Cota da linha de centro do distribuidor da turbina, em m

Quando a sobrepressão máxima superar o limite, dever-se-á redimensionar o diâmetro através da expressão:

$$D_b = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{Q_{1f}}{v_b}}$$

$$\text{sendo: } v_b = \frac{0,30 \times H_{b1} \times g \times T_c}{2 \times L_b}$$

onde:

Q_{1f}	Vazão máxima em cada conduto forçado, em m^3/s
v_b	Velocidade média do escoamento no conduto forçado, em m/s
H_{b1}	Queda bruta máxima, em m
g	$9,81 \text{ m/s}^2$ - aceleração da gravidade
T_c	Tempo de fechamento da válvula ou distribuidor, em s
L_b	Comprimento total do conduto forçado, em m

A declividade da linha de energia para sobrepressão máxima, i_s , é dada pela expressão:

$$i_s = \frac{h_{sx}}{L_{hb}}$$

onde:

h_{sx}	Sobrepressão máxima devida a golpe de aríete, em m
L_{hb}	Comprimento da projeção horizontal do conduto forçado, em m

Todo o conduto deverá estar situado abaixo da linha de energia mínima. Essa verificação é feita nos pontos críticos 1 e 2:

$$El_1 \leq NA_{\min} - L_{h1} \times i_s - \frac{D_b}{2}$$

$$El_2 \leq NA_{\min} - (L_{h1} + L_{h2}) \times i_s - \frac{D_b}{2}$$

onde:

El_i	Cota dos pontos 1 e 2, em m
NA_{\min}	Nível d'água mínimo do reservatório, em m
L_{hi}	Comprimento da projeção horizontal do trecho i , em m
i_s	Declividade da linha de energia para sobrepressão máxima, em m/m
D_b	Diâmetro interno do conduto forçado, em m

Caso alguma das restrições não seja atendida, dever-se-á abaixar a cota do ponto e adaptar os ângulos de inclinação dos trechos adjacentes.

Perda de Carga

A perda de carga total, h_p (m), da tomada de água ao conduto forçado, é dada pela expressão:

$$h_p = h_e + h_a + h_o + h_r + h_b + h_v + h_f$$

sendo:

$$h_o = \sum k_{oi} \times \frac{v_b^2}{2 \times g} \qquad h_r = 0,10 \times \frac{(v_a - v_b)^2}{2 \times g}$$

$$h_b = 0,10 \times \frac{v_b^2}{2 \times g} \qquad h_f = 6,35 \times L_b \times \frac{n^2 \times v_b^2}{D_b^{4/3}}$$

$$v_a = \frac{4}{\pi} \times \frac{Q_1}{A^2}$$

Para $(r_i/D_b) < 5$

$$k_{oi} = 0,2147 \times \left(\frac{r_i}{D_b} \right)^{-0,5718} \times (0,0746 \times \theta_i^3 - 0,4698 \times \theta_i^2 + 1,1928 \times \theta_i)$$

Para $(r_i/D_b) \geq 5$

$$k_{oi} = \left(0,08 - 0,002 \times \left(\frac{r_i}{D_b} - 5 \right) \right) \times (0,0746 \times \theta_i^3 - 0,4698 \times \theta_i^2 + 1,1928 \times \theta_i)$$

$$\delta_i = \text{abs}(\alpha_{i+1} - \alpha_i), \quad i = 1, 2, 3$$

para aproveitamentos sem túnel de adução: $h_e = 0,20 \times \frac{v_b^2}{2 \times g}$

para aproveitamentos com túnel de adução: $h_e = 0,20 \times \frac{v_{ad}^2}{2 \times g}$

para válvula borboleta no início do conduto forçado: $h_v = 0,20 \times \frac{v_b^2}{2 \times g}$

para válvula borboleta no fim do conduto forçado: $h_v = 0,20 \times \frac{v_a^2}{2 \times g}$

para válvula esférica: $h_v = 0,03 \times \frac{v_a^2}{2 \times g}$

onde:

h_c	Perda de carga na tomada de água, em m
h_a	Perda de carga no túnel de adução, em m, quando for o caso
h_o	Perda de carga nas curvas, em m
h_r	Perda de carga na redução de diâmetro, em m
h_b	Perda de carga na bifurcação, em m, se for o caso
h_v	Perda de carga na válvula, em m, se for o caso
h_f	Perda de carga contínua, em m
k_o	Coefficiente de perda de carga em curva
v_b	Velocidade média do escoamento no conduto, em m/s
g	9,81 m/s ² – aceleração da gravidade
L_b	Comprimento total do conduto, em m
n	0,010 – coeficiente de Manning para aço
D_b	Diâmetro interno do conduto forçado, em m
r_i	Raio de curvatura do trecho, em m
θ	Deflexão do eixo do túnel, em radianos

Q_t	Vazão turbinada máxima de cada turbina, em m^3/s
v_a	Velocidade média do escoamento na entrada da caixa espiral, em m/s
A	Diâmetro da entrada da caixa espiral, em m
δ_i	Ângulo de deflexão vertical nos pontos 0 a 3 do conduto, em graus
α_i	Inclinação do trecho i em relação à horizontal, em graus
v_{ad}	Velocidade média do escoamento no túnel de adução, em m/s
$abs(x)$	Função que retorna com o valor absoluto de x

Escavação Comum (Conta .12.19.34.12.10)

O volume de escavação comum, V_{tcf} (m^3), deverá ser determinado a partir do projeto.

O preço unitário de escavação comum é de R\$ 7,60/ m^3 , referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do conduto, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (Conta .12.19.34.12.11)

O volume de escavação em rocha, V_{trf} (m^3), deverá ser determinado a partir do projeto.

O preço unitário de escavação em rocha é de R\$ 21,00/ m^3 , referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do conduto, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação Subterrânea em Rocha (Conta .12.19.34.12.12)

O volume de escavação subterrânea em rocha nos condutos forçados, V_{stf} (m^3), é dado pela expressão:

$$V_{stf} = V_{sb} + V_{st}$$

sendo:

$$V_{sb} = N_t \times 4 \times (D_b + 2 \times e_c)^3$$

$$V_{st} = N_t \times \frac{\pi}{4} \times [(D_b + 2 \times e_c)^2 \times L_t]$$

onde:

V_{sb}	Volume de escavação subterrânea em rocha na casa de válvula borboleta, em m^3 , quando instalado em caverna à parte
V_{st}	Volume de escavação subterrânea em rocha nos túneis, em m^3 , quando for o caso
N_t	Número de condutos forçados
D_b	Diâmetro interno do conduto forçado, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto do trecho em túnel, em m, definida adiante
L_t	Comprimento do trecho em túnel, em m

O preço unitário de escavação subterrânea em rocha, P_{us} (R\$/ m^3), referido a dezembro de 2006 e aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 33, Anexo B, em função da área da seção de escavação). Esse valor, correspondente ao preço por metro cúbico medido na linha de projeto e inclui escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga:

$$\text{válido para } 4 \leq A_{se} \leq 300 : P_{us} = 474,08 \times A_{se}^{-0,3987}$$

$$\text{sendo: } A_{se} = \frac{\pi}{4} \times (D_b + 2 \times e_c)^2$$

onde:

A_{se}	Área da seção de escavação, em m^2
D_b	Diâmetro interno do conduto forçado, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto do trecho em túnel, em m, definida adiante

Uma avaliação cuidadosa para situações distintas, nas quais os túneis formam uma parcela representativa do orçamento, deverá ser realizada verificando-se principalmente as condições geológicas da região e traçados com grandes comprimentos.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (Conta .12.19.34.13)

A área de limpeza da fundação, A_{lf} (m^2), é dada pela expressão:

$$A_{lf} = A_{ls} + A_{lb} + A_{ln} + A_{la} + A_{lt}$$

sendo:

$$A_{lb} = N_t \times 4,2 \times D_b \times (D_b + 1) \times \text{sen}(\alpha_3 - \alpha_2)$$

$$A_{ln} = N_t \times \left[(4,5 \times D_b + 1,5) \times \tan \frac{\alpha_3}{2} + d_2 \right] \times (D_b + 2)$$

$$A_{la} = N_t \times N_a \times D_b^2$$

$$A_{lt} = N_t \times \pi \times (D_b + 2 \times e_c) \times L_t$$

$$d_2 = \frac{NA_{xctf} - E \cdot l \cdot d + \frac{D_b}{2} + 2,5}{\tan \alpha_3}$$

$$\text{para } L_{h1} \leq 1,7 \times D_b \quad \text{e} \quad L_t = 0 : A_{ls} = N_t \times (2,1 \times D_b^2 + 3 \times D_b + 0,9)$$

para $L_{h1} > 1,7 \times D_b$ e $L_t = 0$: $A_{is} = N_t \times 4,2 \times D_b \times (D_b + 1) \times \text{sen}(\alpha_2 - \alpha_1)$

onde:

A_{is}	Área de limpeza de fundação do bloco de ancoragem superior, em m^2
A_{ib}	Área de limpeza de fundação do bloco de ancoragem intermediário, em m^2
A_{in}	Área de limpeza de fundação do bloco de ancoragem inferior, em m^2
A_{ia}	Área de limpeza de fundação do bloco de apoio, em m^2
A_{it}	Área de limpeza de fundação do túnel, em m^2 , quando for o caso
N_t	Número de condutos forçados
D_b	Diâmetro interno do conduto forçado, em m
α_i	Inclinação do trecho i em relação à horizontal, em graus
N_a	Número de blocos de apoio por conduto forçado, definido adiante
e_c	Espessura do revestimento de concreto do trecho em túnel, em m, definida adiante
L_t	Comprimento do trecho em túnel, em m
L_{h1}	Comprimento da projeção horizontal do trecho 1, em m
d_2	Distância auxiliar, em m

O comprimento das injeções de contato e consolidação, L_{cf} (m), é dado pela expressão:

$$L_{cf} = 1,0 \times A_{it}$$

A_{it} Área de limpeza de fundação do túnel, em m^2 , quando for o caso.

O comprimento total dos chumbadores de fixação das rochas nos blocos de ancoragem, L_{tfp} (m), quando for o caso, é dado pela expressão:

$$L_{tfp} = 1,0 \times (A_{is} + A_{ib} + A_{in})$$

onde:

A_{is}	Área de limpeza de fundação do bloco de ancoragem superior, em m^2
A_{ib}	Área de limpeza de fundação do bloco de ancoragem intermediário, em m^2
A_{in}	Área de limpeza de fundação do bloco de ancoragem inferior, em m^2

Os preços unitários dos serviços correspondentes a limpeza e tratamento de fundação – expressos em reais, referidos a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste –, incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/ m^2
- Furo roto-percussivo: 168,00/m
- Injeção com calda de cimento: 72,00/m
- Chumbador: 241,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (Conta .12.19.34.14)

O volume de concreto dos condutos forçados, V_{ctf} (m^3), é dado pela expressão:

$$V_{ctf} = V_{cs} + V_{cb} + V_{cf} + V_{ca} + V_{ct} + V_{cc} + V_{cv} + V_{ce}$$

sendo:

$$V_{cb} = N_t \times (0,0072 \times D_b^3 + 0,105 \times D_b^2 + 0,08 \times D_b) \times (\alpha_3 - \alpha_2)$$

$$V_{cf} = N_t \times (0,228 \times D_b^2 + 4,77 \times D_b + 5,3) \times (L_{h4} + d_3)$$

$$V_{ca} = N_t \times N_a \times 0,5 \times D_b^3$$

$$V_{ct} = N_t \times \pi \times (D_b + e_c) \times e_c \times L_{ct}$$

$$V_{cc} = \pi \times (D_b + 3 \times e_c) \times e_c \times 5 \times D_b$$

$$V_{cv} = N_t \times 12 \times D_b^3$$

$$V_{ce} = N_g \times 12 \times A^3$$

$$N_a = \text{int} \left[\frac{d_4}{1,6 \times D_b} + 0,5 \right] - 2$$

$$e_c = 0,091 \times D_b^{0,62}$$

$$d_3 = \frac{NA_{xfu} + 1,0 - EI_d}{\text{sen } \alpha_3}$$

$$d_4 = L_b - 4 \times D_b \times \left(\text{tg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} + \text{tg} \frac{\alpha_3 - \alpha_2}{2} \right) - 2 \times D_b - d_3$$

para $L_{h1} \leq 1,7 \times D_b$ e $L_t = 0$:

$$V_{cs} = N_t \times [0,565 \times D_b^3 + 10,50 \times D_b^2 + 8,4 \times D_b + (0,029 \times D_b^3 + 0,42 \times D_b^2 + 0,34 \times D_b) \times \alpha]$$

$$\alpha = \alpha_2 - \alpha_1 - 25 \geq 0$$

para $L_{h1} > 1,7 \times D_b$ e $L_t = 0$:

$$V_{cs} = N_t \times (0,0072 \times D_b^3 + 0,105 \times D_b^2 + 0,08 \times D_b) \times (\alpha_2 - \alpha_1)$$

onde:

V_{cs}	Volume de concreto do bloco de ancoragem superior, em m ³ , quando for o caso
V_{cb}	Volume de concreto do bloco de ancoragem intermediário, em m ³
V_{cf}	Volume de concreto do bloco de ancoragem inferior, em m ³
V_{ca}	Volume de concreto do bloco de apoio, em m ³
V_{ct}	Volume de concreto do revestimento de concreto do trecho em túnel, em m ³
V_{cc}	Volume de concreto adicional nas bifurcações, em m ³ , quando previstas
V_{cv}	Volume de concreto das casas de válvula no início do conduto, em m ³ , quando previstas
V_{ce}	Volume de concreto das casas de válvula no fim do conduto, em m ³ , quando previstas
N_t	Número de condutos forçados
D_b	Diâmetro interno do conduto forçado, em m
α_i	Ângulo de inclinação do trecho i em relação à horizontal, em graus
L_{hi}	Comprimento da projeção horizontal do trecho i, em m
N_a	Número de blocos de apoio por conduto
e_c	Espessura do revestimento de concreto do trecho em túnel, em m
L_t	Comprimento do trecho em túnel, em m
L_{ct}	Comprimento do trecho em túnel revestido em concreto, em m
N	Número de unidades geradoras
A	Diâmetro da entrada da caixa espiral, em m
NA_{xfu}	Nível d'água máximo no canal de fuga, em m

El_d	Cota da linha de centro do distribuidor da turbina, em m
L_b	Comprimento dos condutos forçados, em m
α	Ângulo auxiliar, em graus
d_i	Distância auxiliar, em m
$\text{int}(x)$	Função que retorna com o inteiro de x

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m ³)	Armadura (kg/m ³)
Revestimento	250	50
Bifurcações e blocos de ancoragem; de apoio e casas de válvulas	270	70

O preço unitário do cimento é de R\$ 348,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da armadura é de R\$ 4.327,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do concreto sem cimento expressos em reais por metro cúbico do volume dos condutos forçados e referidos a dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Revestimento e blocos de apoio: 128,00/m³
- Blocos de ancoragem e casas de válvula: 174,00/m³

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressivas, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobilização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço unitário do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Chapa Metálica (Conta .12.19.34.23.23)

O peso total da chapa metálica é obtido a partir da sua espessura e comprimento do conduto.

Todas as espessuras abaixo calculadas deverão ser substituídas pelas espessuras comerciais, em cm, imediatamente superior, utilizando as expressões:

$$x = \frac{e}{2,54}$$

$$\text{se } x \leq 1: e = 2,54 \times \frac{\text{int}(32 \times x + 0,9999)}{32}$$

$$\text{se } 1 < x \leq 1,5: e = 2,54 \times \frac{\text{int}(16 \times x + 0,9999)}{16}$$

$$\text{se } x > 1,5: e = 2,54 \times \frac{\text{int}(8 \times x + 0,9999)}{8}$$

A espessura mínima construtiva, e_{\min} (cm), é dada pela expressão:

$$e_{\min} = \frac{D_b}{4} + 0,127 \geq 0,635 \text{ cm}$$

onde:

D_b Diâmetro interno do conduto forçado, em m

A pressão de serviço, p_s (kgf/cm²), nos pontos 0 a 4, é dada pelas expressões:

para aproveitamentos sem chaminé de equilíbrio:

$$p_{s0} = 0,1 \times (NA_{\max} - El_0)$$

$$p_{s1} = 0,1 \times (NA_{\max} + i_s \times L_{h1} - El_1)$$

$$p_{s2} = 0,1 \times (NA_{\max} + i_s \times (L_{h1} + L_{h2}) - El_2)$$

$$p_{s3} = 0,1 \times (NA_{\max} + i_s \times (L_{h1} + L_{h2} + L_{h3}) - El_3)$$

$$p_{s4} = 0,1 \times (NA_{\max} + h_{sx} - El_4)$$

para aproveitamentos com chaminé de equilíbrio:

$$p_{s0} = 0,1 \times (NA_{xch} - El_0)$$

$$p_{s1} = 0,1 \times (NA_{xch} + i_s \times L_{h1} - El_1)$$

$$p_{s2} = 0,1 \times (NA_{xch} + i_s \times (L_{h1} + L_{h2}) - El_2)$$

$$p_{s3} = 0,1 \times [NA_{xch} + i_s \times (L_{h1} + L_{h2} + L_{h3}) - El_3]$$

$$p_{s4} = 0,1 \times (NA_{xch} + h_{sx} - El_4)$$

onde:

NA_{\max}	Nível d'água máximo normal do reservatório
El_i	Cota do ponto i
h_{sx}	Sobrepresão máxima devida a golpe de aríete, em m
NA_{xch}	Nível d'água máximo normal na chaminé de equilíbrio
L_{hi}	Comprimento da projeção horizontal do trecho i, em m
i_s	Declividade da linha de energia

A espessura da chapa metálica requerida no ponto i, e_i (cm), pode ser calculada pela expressão:

$$e_i = \frac{100 \times p_{si} \times D_b}{2 \times \sigma_a} + 0,3$$

onde:

D_b Diâmetro interno do conduto forçado, em m

p_{si} Pressão de serviço no ponto i, em kgf/cm²

σ_a	1200 kgf/cm ² , tensão admissível no aço
0,3	Espessura adicional para compensar a corrosão, em cm

A pressão de serviço suportada pela chapa de espessura mínima, p_{sn} (kgf/cm²), é dada pela expressão:

$$p_{sn} = 2 \times \sigma_a \times \frac{e_{min} - 0,3}{100 \times D_b}$$

onde:

σ_a	1200 kgf/cm ² , tensão admissível no aço
e_{min}	Espessura mínima construtiva da chapa metálica, em cm
D_b	Diâmetro interno do conduto forçado, em m

O peso das chapas, P_c (t), é obtido por um dos casos:

- 1º caso: Se $p_{s0} \geq p_{sn}$:

$$P_{c1} = k_c \times \frac{e_0 + e_1}{2} \times L_1 \qquad P_{c2} = k_c \times \frac{e_1 + e_2}{2} \times L_2$$

$$P_{c3} = k_c \times \frac{e_2 + e_3}{2} \times L_3 \qquad P_{c4} = k_c \times \frac{e_3 + e_4}{2} \times L_4$$

- 2º caso: Se $p_{s1} \geq p_{sn} > p_{s0}$:

$$L_{min} = \frac{p_{sn} - p_{s0}}{0,1 \times (i_s + tg \alpha_1) \times \cos \alpha_1}$$

$$P_{c1} = k_c \times [e_{min} \times L_{min} + \frac{e_{min} + e_1}{2} \times (L_1 - L_{min})]$$

P_{c2} , P_{c3} , P_{c4} iguais ao do 1º caso.

$$e_0 = e_{min}$$

- 3º caso: Se $p_{s2} > p_{sn} > p_{s1}$:

$$L_{min} = \frac{p_{sn} - p_{s1}}{0,1 \times (i_s + tg \alpha_2) \times \cos \alpha_2}$$

$$P_{c1} = k_c \times e_{min} \times L_1 \qquad P_{c2} = k_c \times [e_{min} \times L_{min} + \frac{e_{min} + e_2}{2} \times (L_2 - L_{min})]$$

P_{c3} , P_{c4} iguais ao do 1º caso

$$e_0, e_1 = e_{min}$$

- 4º caso: Se $p_{s3} \geq p_{sn} > p_{s2}$:

$$L_{min} = \frac{p_{sn} - p_{s2}}{0,1 \times (i_s + tg \alpha_3) \times \cos \alpha_3}$$

P_{c1} igual ao do 3º caso

$$P_{c2} = k_c \times e_{min} \times L_2$$

$$P_{c3} = k_c \times [e_{\min} \times L_{\min} + \frac{e_{\min} + e_3}{2} \times (L_3 - L_{\min})]$$

P_{c4} igual ao do 1º caso

$$e_0, e_1, e_2 = e_{\min}$$

- 5º caso: Se $p_{s4} \geq p_{sn} > p_{s3}$:

$$L_{\min} = \frac{p_{sn} - p_{s3}}{0,1 \times i_s}$$

P_{c1}, P_{c2} iguais aos do 1º caso.

$$P_{c3} = k_c \times e_{\min} \times L_3$$

$$P_{c4} = k_c \times [e_{\min} \times L_{\min} + \frac{e_{\min} + e_4}{2} \times (L_4 - L_{\min})]$$

$$e_0, e_1, e_2, e_3 = e_{\min}$$

- 6º caso: Se $p_{sn} > p_{s4}$

P_{c1}, P_{c2}, P_{c3} iguais aos do 5º caso

$$P_{c4} = k_c \times e_{\min} \times L_4$$

$$e_0, e_1, e_2, e_3, e_4 = e_{\min}$$

sendo:

$$k_c = \frac{7,842}{100} \times \pi \times D_b$$

onde:

p_{si}	Pressão de serviço no ponto i, em kgf/cm ²
k_c	Coefficiente
e_i	Espessura requerida da chapa metálica no ponto i, em cm
L_i	Comprimento do trecho i, em m
L_{\min}	Comprimento do trecho com espessura mínima, em m
p_{sn}	Pressão de serviço suportada pela chapa de espessura mínima, em kgf/cm ²
i_s	Declividade da linha de energia
α_i	Ângulo de inclinação do trecho i em relação a horizontal, em graus
e_{\min}	Espessura mínima construtiva da chapa metálica, em cm
7,842	Massa específica do aço, em kg/cm ³
D_b	Diâmetro interno do conduto forçado, em m

O peso total das chapas metálicas, P_c (t), já incluindo 10% de provisão para fixações, é dado pela expressão:

$$P_c = 1,10 \times N_t \times (P_{c1} + P_{c2} + P_{c3} + P_{c4})$$

onde:

N_t	Número de túneis forçados
P_{ci}	Peso do revestimento metálico no trecho i, em t

O custo de aquisição da chapa metálica do conduto forçado é R\$ 4.235,00/t – custo FOB, sem inclusão de custos de transporte e seguro, montagem e testes e provisões para impostos e taxas incidentes conforme legislação tributária vigente –, referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento.

Ao custo FOB, deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro.
- 8,0%: para montagem e testes.
- 28,0%: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Válvula do Tipo Borboleta (Conta .12.19.34.23.24)

O custo de aquisição de cada válvula do tipo borboleta, C_{vb} (R\$), do conduto forçado – custo FOB – é dado pela expressão abaixo (ou obtido no Gráfico B.29, Anexo B, em função de seu diâmetro e da pressão máxima de serviço), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento:

$$C_{vb} = 2,528 \times H_x^{0,35} \times K_B$$

onde:

$$K_B = 1000 \times (9,6 \times D_B^2 + 8,6 \times D_B - 1,85), \text{ para } 0,75 \leq D_B \leq 2,0 \text{ m., e } 10 \leq H_x \leq 300$$

$$K_B = 1000 \times (10,2 \times D_B^2 + 9,2 \times D_B - 1,97), \text{ para } 2,5 \leq D_B \leq 8,0 \text{ m., e } 10 \leq H_x \leq 300$$

caso a, válvula no início do conduto, logo após chaminé de equilíbrio:

$$D_B = D_b \qquad H_x = NA_{xch} - El_0$$

caso b, válvula no fim do conduto:

$$D_B = A \qquad H_x = NA_{max} - El_4 + h_s$$

onde:

H_x	Pressão máxima de serviço da válvula, em m
K_B	Coefficiente
D_B	Diâmetro da válvula borboleta, em m
D_b	Diâmetro interno do conduto forçado, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
NA_{xch}	Nível d'água máximo na chaminé de equilíbrio, em m
El_i	Cota do eixo da válvula borboleta, em m
h_s	Sobreprensão máxima devida a golpe de aríete, em m
A	Diâmetro da entrada da caixa espiral, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Válvula do Tipo Esférica (Conta .12.19.34.23.24)

O preço de aquisição de uma válvula do tipo esférica, C_{ve} (R\$), do conduto forçado – custo FOB – é dado pela expressão abaixo (ou obtido no Gráfico B.30, Anexo B, em função de seu diâmetro e da pressão máxima de serviço), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$C_{ve} = 2,528 \times H_x^{0,40} \times K_E$$

onde:

$$K_E = 1000 \times (24,4 \times D_E^2 + 4,4 \times D_E + 12,37), \text{ para } 1,0 \leq D_E \leq 4,0 \text{ m., e } 200 \leq H_x \leq 1.500 \text{ m.}$$

$$D_E = A$$

$$H_x = NA_{max} - El_4 + h_s$$

onde:

H_x	Pressão máxima de serviço da válvula, em m
K_E	Coefficiente
D_E	Diâmetro da válvula esférica, em m
A	Diâmetro da entrada da caixa espiral, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
El_4	Cota do eixo da válvula esférica, em m
h_s	Sobrepessão máxima devida a golpe de aríete, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

TÚNEIS FORÇADOS (Conta .12.19.34)**Dados Básicos**

As principais informações utilizadas no dimensionamento vêm do arranjo geral do aproveitamento e dos estudos energéticos e são as seguintes:

- Comprimento da projeção horizontal de cada trecho, L_{h1} , L_{h2} e L_{h3} , em m.
- Comprimento da projeção horizontal da parte blindada do túnel forçado, L_{hb} , em m.
- Comprimento do túnel de adução, L_{ad} , em m, se for o caso.
- Potência de uma unidade geradora, P_1 , em MW, do item 5.7.2.
- Coeficiente k , produto de rendimento da unidade geradora pela aceleração da gravidade, do item 2.1.
- Número de unidades geradoras, N_g , do item 5.7.2.
- Número de unidades geradoras por túnel forçado, N_f .
- Nível d'água máximo normal do reservatório, NA_{max} , do item 4.4.
- Nível d'água mínimo do reservatório, NA_{min} , do item 5.3.
- Cota mais baixa do terreno na área da tomada d'água, El_{ten} .
- Espessura média da camada de solo na área da tomada d'água, e_{te} em m.
- Nível d'água normal do canal de fuga, NA_{fu} , do item 4.4.
- Cota da linha de centro do distribuidor da turbina, El_d , do item 5.7.2.

- Queda líquida máxima, H_1 em m, do item 5.3.
- Perda de carga no canal de adução, h_c em m, do item 5.7.6., quando for o caso.
- Perda de carga no túnel de adução, h_a em m, do item 5.7.6., quando for o caso.
- Diâmetro da entrada da caixa espiral, A , em m, do item 5.7.2., se for o caso.

As principais informações utilizadas na quantificação são as seguintes:

- Carga hidrostática média do túnel, H em m.
- Condições geológicas da região atravessada pelos túneis.
- Nível d'água máximo na chaminé de equilíbrio, NA_{xch} .
- Volume de escavação comum à montante da casa de força externa, V_{ttf} em m^3 .
- Volume de escavação em rocha a céu aberto à montante da casa de força externa, V_{rtf} em m^3 .

Considerações e Recomendações

Entende-se por trecho o segmento entre duas deflexões no plano vertical, contadas a partir da saída da tomada d'água, ponto 0, até a entrada da casa de força, ponto 3, como mostra a Figura 5.7.6.10.

Por uma questão metodológica, o ângulo de inclinação do trecho 2 em relação à horizontal, α_2 , é obtida em função dos demais dados.

Neste texto, o termo bifurcação é utilizado indistintamente também para trifurcação e repartidores.

A projeção horizontal do trecho 1, L_{h1} , deverá ter um comprimento mínimo para concordar uma curva.

$$L_{h1} \geq 4 \times D_b \times \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2}$$

onde:

D_b	Diâmetro interno do túnel forçado na parte blindada, em m
α_2	Inclinação do trecho 2 em relação à horizontal, em graus

Diâmetro Interno e Velocidade Média

O número de túneis forçados, N_t , é dado pela expressão:

$$N_t = \frac{N_g}{N_f}$$

onde:

N_g	Número de unidades geradoras
N_f	Número de unidades geradoras por túnel forçado

O diâmetro interno do túnel forçado na parte blindada, D_b (m), pode ser determinado pela expressão:

$$D_b = 14,2 \times \frac{(N_f \times P_1)^{0,43}}{H_{b1}^{0,65}}$$

sendo: $H_{b1} = NA_{max} - NA_{fu}$

onde:

N_f	Número de unidades geradoras por conduto forçado
P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
H_{b1}	Queda bruta máxima, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
NA_{fu}	Nível d'água normal do canal de fuga, em m

O diâmetro interno do túnel forçado na parte não blindada, D_c (m), é dado pela expressão:

$$D_c = 1,1 \times D_b$$

onde:

D_b	Diâmetro interno do túnel forçado na parte blindada, em m
-------	---

A vazão turbinada máxima de cada turbina, Q_1 (m^3/s), é dada pela expressão:

$$Q_1 = \frac{10^6 \times P_1}{k \times H_1}$$

sendo:

$$k = \rho \times g \times \eta_{t1} \times \eta_{g1} \qquad P_2 = \frac{P_1}{f_p}$$

para turbinas Francis:

$$\eta_{t1} = 0,856 \times P_1^{0,013} \qquad \eta_{g1} = 0,92 \times P_2^{0,01}$$

para turbinas Pelton e Kaplan:

$$\eta_{t1} = 0,96 \qquad \eta_{g1} = 0,98$$

onde:

P_1	Potência de uma unidade geradora, em MW
k	Coefficiente
H_1	Queda líquida máxima, em m
ρ	1000 kg/m^3 – massa específica da água
η_{t1}	Rendimento da turbina para queda líquida máxima
η_{g1}	Rendimento do gerador para queda líquida máxima
g	9,81 m/s^2 – aceleração da gravidade
P_2	Potência de um gerador, em MVA
f_p	Fator de potência

A vazão máxima em cada túnel forçado, Q_{1f} (m^3/s), é dada pela expressão:

$$Q_{1f} = N_f \times Q_1$$

onde:

N_f	Número de unidades geradoras por túnel forçado
Q_1	Vazão turbinada máxima de cada turbina, em m^3/s

A velocidade média do escoamento na parte blindada do túnel, v_b (m/s), é dada pela expressão:

$$v_b = \frac{4 \times Q_{1f}}{\pi \times D_b^2} \leq 7 \text{ m/s}$$

onde:

Q_{1f}	Vazão máxima em cada túnel forçado, em m^3/s
D_b	Diâmetro interno do túnel forçado na parte blindada, em m

Caso esta limitação não seja atendida, dever-se-á adotar a velocidade limite e recalculer os diâmetros internos do túnel pelas expressões:

$$D_b = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{Q_{1f}}{7}} \quad D_c = 1,1 \times D_b$$

onde:

Q_{1f}	Vazão máxima em cada túnel forçado, em m^3/s
----------	--

A velocidade média do escoamento, na parte não blindada do túnel, v_c (m/s), é dada pela expressão:

$$v_c = \frac{4}{\pi} \times \frac{Q_{1f}}{D_c^2}$$

onde:

Q_{1f}	Vazão máxima em cada túnel forçado, em m^3/s
D_c	Diâmetro interno do túnel forçado na parte não blindada, em m

O diâmetro interno do túnel forçado após bifurcação ou o lateral após repartidor, D_{1b} (m), poderá ser determinado pela expressão:

$$D_{1b} = \frac{D_b}{N_f^{3/8}}$$

onde:

D_b	Diâmetro interno do túnel forçado na parte blindada, em m
N_f	Número de unidades geradoras por túnel forçado

Perfil do Túnel Forçado

As cotas dos pontos 0 a 3, El_0 a El_3 , são obtidas pela expressão:

$$El_0 = El_1 = El_{sol} - i \times L_{ad} + \frac{D_{ab}}{2}$$

$$El_2 = El_3 = El_d$$

sendo:

$$El_{sol} = 0,5 \times \text{int} \left(\frac{NA_{min} - h_c - h_s - H_{cp}}{0,5} \right)$$

$$El_{sol} \leq 0,5 \times \text{int} \left(\frac{El_{ten} - e_{te}}{0,5} \right) + 1,0$$

$$h_s = 0,8 \times v_{cp} \times \sqrt{H_{cp}}$$

$$B_{cp} = D_{ab}$$

$$H_{cp} = D_{ab}$$

Para aproveitamentos sem túnel de adução e túnel forçado totalmente blindado:

$$v_{cp} = \frac{Q_{1f}}{B_{cp} \times H_{cp}} \quad D_{ab} = D_b$$

Para aproveitamentos sem túnel de adução e túnel forçado parcialmente blindado:

$$v_{cp} = \frac{Q_{1f}}{B_{cp} \times H_{cp}} \quad D_{ab} = D_c$$

Para aproveitamentos com túnel de adução:

$$v_{cp} = \frac{Q_t}{B_{cp} \times H_{cp}} \quad D_{ab} = D_{ad}$$

onde:

El_{sol}	Cota da soleira da tomada d'água, em m
i	Declividade do túnel de adução, em m/m, definida nos estudos do túnel de adução
L_{ad}	Comprimento do túnel de adução, em m
D_{ab}	Diâmetro interno no início do túnel forçado, em m
El_d	Cota da linha de centro do distribuidor da turbina, em m
NA_{min}	Nível d'água mínimo normal do reservatório
h_{pc}	Perda de carga no canal de adução, em m, quando for o caso
h_s	Submergência mínima da tomada d'água (Gordon, 1970), em m
H_{cp}	Altura da comporta da tomada d'água, em m
El_{ten}	Cota mais baixa do terreno na área da tomada d'água
e_{te}	Espessura média da camada de terra na área da tomada d'água, em m
v_{cp}	Velocidade do escoamento na comporta da tomada d'água, em m/s
B_{cp}	Altura da comporta da tomada d'água, em m
Q_{1f}	Vazão máxima em cada túnel forçado, em m ³ /s
D_b	Diâmetro interno do túnel forçado na parte blindada, em m
D_c	Diâmetro interno do túnel forçado na parte não blindada, em m
Q_t	Vazão turbinada máxima total, em m ³ /s
D_{ad}	Diâmetro interno do túnel de adução, em m

A inclinação do trecho 2 em relação à horizontal, α_2 (graus), é dada pela expressão:

$$\alpha_2 = \arctan \left(\frac{El_1 - El_2}{L_{h2}} \right)$$

onde:

El_i	Cota do ponto i
L_{h2}	Comprimento da projeção horizontal do trecho 2, em m
arctan	Função arco tangente

O comprimento do túnel é determinado a partir da definição do seu perfil.

O comprimento do trecho 2, L_2 (m), do túnel é dado pela expressão:

$$L_2 = \frac{L_{h2}}{\cos \alpha_2}$$

onde:

L_{h2}	Comprimento da projeção horizontal do trecho 2, em m
α_2	Inclinação do trecho 2 em relação à horizontal, em graus

O comprimento total do túnel, L_t (m), é dado pela expressão:

$$L_t = L_{h1} + L_2 + L_{h3}$$

onde:

L_{hi}	Comprimento da projeção horizontal do trecho i, em m
L_2	Comprimento do trecho 2, em m

O comprimento da projeção horizontal do túnel, L_{ht} (m), é dado pela expressão:

$$L_{ht} = L_{h1} + L_{h2} + L_{h3}$$

onde:

L_{hi}	Comprimento da projeção horizontal do trecho i, em m
----------	--

Evita-se parte não blindada muito curta. Se $L_{ht} - L_{hb} < 5 \times D_b$

então: $L_{hb} = L_{ht}$

onde:

L_{ht}	Comprimento da projeção horizontal do túnel, em m
L_{hb}	Comprimento da projeção horizontal da parte blindada do túnel, em m
D_b	Diâmetro interno do túnel forçado na parte blindada, em m

Os comprimentos da parte blindada, L_b (m), e da parte não blindada do túnel forçado, L_c (m), são dados pelas expressões de um dos casos:

- Caso a – quando a blindagem inicia no trecho 1:

$$L_{b1} = L_{hb} - L_{h2} - L_{h3} \qquad L_b = L_{b1} + L_2 + L_{h3}$$

$$L_c = L_t - L_b$$

- Caso b – quando a blindagem inicia no trecho 2:

$$L_{b2} = \frac{L_{hb} - L_{h3}}{\cos \alpha_2} \qquad L_b = L_{b2} + L_{h3}$$

$$L_c = L_t - L_b$$

- Caso c – quando a blindagem inicia no trecho 3:

$$L_b = L_{hb} \qquad L_c = L_t - L_b$$

onde:

L_{b1}	Comprimento da parte blindada no trecho 1, em m
L_{hb}	Comprimento da projeção horizontal da parte blindada do túnel forçado, em m
L_{h2}	Comprimento da projeção horizontal do trecho 2, em m

L_{h3}	Comprimento da projeção horizontal do trecho 3, em m
L_2	Comprimento do trecho 2, em m
L_t	Comprimento total do túnel, em m
L_{b2}	Comprimento da parte blindada no trecho 2, em m
α_2	Inclinação do trecho 2 em relação à horizontal, em graus

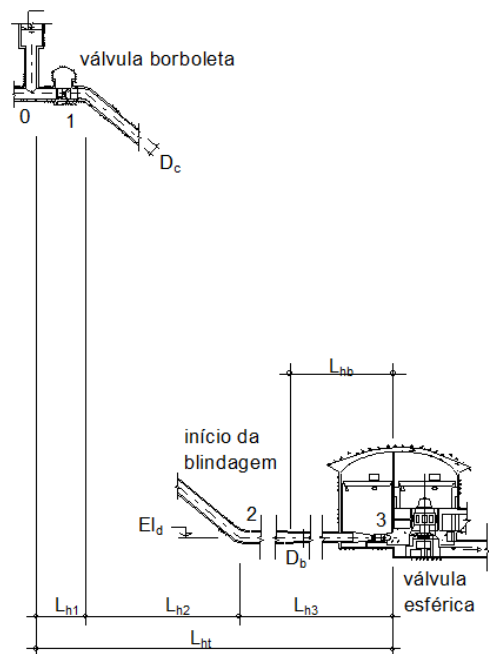


Figura 5.7.6.10 – Perfil de túnel forçado.

Sobrepessão

A sobrepessão máxima devida a golpe de aríete, h_{sx} (m), é obtida pela expressão:

$$h_{sx} = \frac{2 \times (L_b \times v_b + L_c \times v_c)}{g \times T_c} \leq 0,30 \times H_d$$

sendo: $H_d = NA_{max} - E_d$

T_c	Para
6 s	Túneis curtos ($L_t \leq 3 \times H_{b1}$)
10 s	Túneis longos ($L_t > 3 \times H_{b1}$)

onde:

L_c	Comprimento da parte não blindada do túnel forçado, em m
v_c	Velocidade média do escoamento na parte não blindada do túnel forçado, em m/s
L_b	Comprimento da parte blindada do túnel forçado, em m
v_b	Velocidade média do escoamento na parte blindada do túnel forçado, em m/s
g	9,81m/s ² – aceleração da gravidade
T_c	Tempo de fechamento da válvula ou distribuidor, em s
L_t	Comprimento total do túnel forçado, em m
H_d	Altura estática, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
E_d	Cota da linha de centro do distribuidor da turbina, em m

Quando a sobrepessão máxima superar o limite, dever-se-á redimensionar o diâmetro através da expressão:

$$D_b = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{Q_{1f}}{v_b}}$$

$$\text{sendo: } v_b = \frac{0,30 \times H_{b1} \times g \times T_c}{2 \times (L_b + 0,826 \times L_c)}$$

onde:

Q_{1f}	Vazão máxima em cada túnel forçado, em m^3/s
v_b	Velocidade média do escoamento na parte blindada do túnel forçado, em m/s
H_{b1}	Queda bruta máxima, em m
g	$9,81 m/s^2$ – aceleração da gravidade
T_c	Tempo de fechamento da válvula ou distribuidor, em s
L_b	Comprimento da parte blindada do túnel forçado, em m
L_c	Comprimento da parte não blindada do túnel forçado, em m

A declividade da linha de energia para sobrepressão máxima, i_s , é dada pela expressão:

$$i_s = \frac{h_{sx}}{L_{ht}}$$

onde:

h_{sx}	Sobrepressão máxima devida a golpe de aríete, em m
L_{ht}	Comprimento da projeção horizontal do conduto forçado, em m

Perda de carga

A perda de carga total, h_p (m), da tomada d'água ao túnel forçado, é dada pela expressão:

$$h_p = h_e + h_c + h_a + h_o + h_b + h_r + h_v + h_f$$

sendo:

para trecho não blindado:

$$h_o = \sum k_{oi} \times \frac{v_c^2}{2 \times g} \qquad h_r = 0,10 \times \frac{(v_b - v_c)^2}{2 \times g}$$

Para $(r_i/D_{ad}) < 5$

$$k_{oi} = 0,2147 \times \left(\frac{r_i}{D_c} \right)^{-0,5718} \times (0,0746 \times \theta_i^3 - 0,4698 \times \theta_i^2 + 1,1928 \times \theta_i)$$

Para $(r_i/D_{ad}) \geq 5$

$$k_{oi} = \left(0,08 - 0,002 \times \left(\frac{r_i}{D_c} - 5 \right) \right) \times (0,0746 \times \theta_i^3 - 0,4698 \times \theta_i^2 + 1,1928 \times \theta_i)$$

e válvula borboleta no início do túnel forçado:

$$h_v = 0,20 \times \frac{v_b^2}{2 \times g}$$

para trecho blindado:

$$h_o = \sum k_{oi} \times \frac{v_b^2}{2 \times g}$$

$$h_r = 0,10 \times \frac{(v_a - v_b)^2}{2 \times g}$$

$$h_b = 0,10 \times \frac{v_b^2}{2 \times g}$$

$$h_f = 6,35 \times L_t \times \frac{n^2 \times v_b^2}{D_b^{4/3}}$$

$$v_a = \frac{4}{\pi} \times \frac{Q_1}{A^2}$$

Para $(r_i/D_{ad}) < 5$

$$k_{oi} = 0,2147 \times \left(\frac{r_i}{D_b} \right)^{-0,5718} \times (0,0746 \times \theta_i^3 - 0,4698 \times \theta_i^2 + 1,1928 \times \theta_i)$$

Para $(r_i/D_{ad}) \geq 5$

$$k_{oi} = \left(0,08 - 0,002 \times \left(\frac{r_i}{D_b} - 5 \right) \right) \times (0,0746 \times \theta_i^3 - 0,4698 \times \theta_i^2 + 1,1928 \times \theta_i)$$

e válvula borboleta no início do túnel forçado: $h_v = 0,20 \times \frac{v_b^2}{2 \times g}$

e válvula borboleta no fim do túnel forçado: $h_v = 0,20 \times \frac{v_a^2}{2 \times g}$

e válvula esférica: $h_v = 0,03 \times \frac{v_a^2}{2 \times g}$

para aproveitamentos sem túnel de adução e túnel forçado totalmente blindado: $h_e = 0,20 \times \frac{v_b^2}{2 \times g}$

para aproveitamentos sem túnel de adução e túnel forçado parcialmente blindado:

$$h_e = 0,20 \times \frac{v_c^2}{2 \times g}$$

para aproveitamentos com túnel de adução: $h_e = 0,20 \times \frac{v_{ad}^2}{2 \times g}$

onde:

h_c	Perda de carga na entrada, em m
h_a	Perda de carga no túnel de adução, em m, quando for o caso
h_o	Perda de carga nas curvas, em m
h_b	Perda de carga na bifurcação, em m, se for o caso
h_c	Perda de carga no canal de adução, em m, se for o caso
h_r	Perda de carga nas reduções de diâmetro, em m
h_v	Perda de carga nas válvulas, em m, se for o caso
h_f	Perda de carga contínua no túnel forçado, em m
k_{oi}	Coefficiente de perda de carga em curva i
r_i	Raio de curvatura do trecho i, em metros
v_c	Velocidade na parte não blindada do túnel forçado, em m/s

g	9,81m/s ² – aceleração da gravidade
v_b	Velocidade na parte blindada do túnel forçado, em m/s
v_a	Velocidade na entrada da caixa espiral, em m/s
L_t	Comprimento total do túnel, em m
n	0,010 – coeficiente de Manning para aço
D_b	Diâmetro interno do túnel forçado na parte blindada, em m
Q_t	Vazão máxima turbinada de cada turbina, em m ³ /s
A	Diâmetro da entrada da caixa espiral, em m
v_{ad}	Velocidade média do escoamento no túnel de adução, em m/s
θ	Deflexão do eixo do túnel, em radianos

Escavação Comum (Conta .12.19.34.12.10)

O volume de escavação comum, V_{tf} (m³), à montante da casa de força externa, deverá ser determinado a partir do projeto.

O preço unitário de escavação comum é de R\$ 7,60/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do túnel, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (Conta .12.19.34.12.11)

O volume de escavação em rocha, V_{trf} (m³), à montante da casa de força externa, deverá ser determinado a partir do projeto.

O preço unitário de escavação em rocha é de R\$ 21,00/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do túnel, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5 km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço unitário poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação Subterrânea em Rocha (Conta .12.19.34.12.12)

O volume de escavação subterrânea em rocha nos túneis forçados, V_{stf} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{stf} = V_{st} + V_{sb} + V_{se}$$

sendo:

$$V_{st} = N_t \times \frac{\pi}{4} \times [(D_c + 2 \times e_{cc})^2 \times L_c + (D_b + 2 \times e_c)^2 \times L_b]$$

$$V_{sb} = N_t \times 12 \times (D_b + 2 \times e_c)^3 \quad V_{se} = N_t \times 12 \times (A + 2 \times e_{ca})^3$$

$$e_{ca} = 0,091 \times A^{0,62}$$

onde:

V_{st}	Volume de escavação subterrânea em rocha nos túneis forçados, em m ³
V_{sb}	Volume de escavação subterrânea em rocha na casa de válvula borboleta, em m ³ , quando instalado em caverna à parte
V_{se}	Volume de escavação subterrânea em rocha na casa de válvula esférica, em m ³ , quando instalado em caverna à parte
N_t	Número de túneis
D_c	Diâmetro interno do túnel forçado na parte não blindada, em m
D_b	Diâmetro interno do túnel forçado na parte blindada, em m
e_{cc}	Espessura do revestimento de concreto na parte não blindada do túnel forçado, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto na parte blindada do túnel forçado, em m
L_c	Comprimento da parte não blindada do túnel forçado, em m
L_b	Comprimento da parte blindada do túnel forçado, em m
A	Diâmetro da entrada da caixa espiral, em m
e_{ca}	Espessura do revestimento de concreto na entrada da caixa espiral, em m

O preço unitário de escavação subterrânea em rocha, P_{us} (R\$/m³), referido a dezembro de 2006 e aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste é obtido pela expressão abaixo (ou no Gráfico B 33, Anexo B, em função da área da seção de escavação). Esse valor, correspondente ao preço por metro cúbico medido na linha de projeto e inclui escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga:

$$\text{válido para } 4 \leq A_{se} \leq 300 : P_{us} = 474,08 \times A_{se}^{-0,4629}$$

$$\text{sendo: } A_{se} = \frac{\pi}{4} \times (D_b + 2 \times e_c)^2$$

onde:

A_{se}	Área da seção de escavação, em m ²
D_b	Diâmetro interno do túnel forçado na parte blindada, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto na parte blindada do túnel forçado, em m

Uma avaliação cuidadosa para situações distintas, nas quais os túneis formam uma parcela representativa do orçamento, deverá ser realizada, verificando-se principalmente as condições geológicas da região e traçados com grandes comprimentos.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Limpeza e Tratamento de Fundação (conta .12.19.34.13)

A área de limpeza de fundação, A_{lf} (m²), é dada pela expressão:

$$A_{lf} = N_t \times \pi \times (D_c + 2 \times e_{cc}) \times L_c + N_t \times \pi \times (D_b + 2 \times e_c) \times L_b$$

onde:

N_t	Número de túneis
D_c	Diâmetro interno do túnel forçado na parte não blindada, em m
D_b	Diâmetro interno do túnel forçado na parte blindada, em m
e_{cc}	Espessura do revestimento de concreto na parte não blindada do túnel forçado, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto na parte blindada do túnel forçado, em m
L_c	Comprimento da parte não blindada do túnel forçado, em m
L_b	Comprimento da parte blindada do túnel forçado, em m

O comprimento das injeções de contato e consolidação, L_f (m), é dado pela expressão:

$$L_f = N_t \times 1,0 \times \pi \times (D_c + 2 \times e_c) \times L_c + N_t \times 1,0 \times \pi \times (D_b + 2 \times e_c) \times L_b$$

N_t	Número de túneis
D_c	Diâmetro interno do túnel forçado na parte não blindada, em m
D_b	Diâmetro interno do túnel forçado na parte blindada, em m
e_{cc}	Espessura do revestimento de concreto na parte não blindada do túnel forçado, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto na parte blindada do túnel forçado, em m
L_c	Comprimento da parte não blindada do túnel forçado, em m
L_b	Comprimento da parte blindada do túnel forçado, em m

Os preços unitários dos serviços correspondentes a limpeza e tratamento de fundação – expressos em reais, referidos a dezembro de 2006 e aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste –, incluindo a execução e fornecimento dos insumos e equipamentos dependem do tipo de superfície e dos equipamentos a serem utilizados, e são os seguintes:

- Limpeza de superfície em rocha: 39,70/m²
- Furo roto-percussivo: 168,00/m
- Injeção com calda de cimento: 72,00/m
- Chumbador: 241,00/m

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Concreto (Conta .12.19.34.14)

O volume de concreto dos túneis forçados, V_{ctf} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{ctf} = V_{cr} + V_{ct} + V_{cf} + V_{cb} + V_{ce}$$

sendo:

$$V_{cr} = N_t \times \pi \times (D_c + e_{cc}) \times e_{cc} \times L_c + N_t \times \pi \times (D_b + e_c) \times e_c \times L_b$$

$$V_{cf} = \pi \times (D_b + 3 \times e_c) \times e_c \times 5 \times D_b$$

$$V_{cb} = N_t \times 12 \times D_b^3$$

$$V_{ce} = N_g \times 12 \times A^3$$

$$e_{cc} = k_g \times [0,091 \times D_c^{0,62} + 0,0034 \times (H - 30)]$$

$$e_c = 0,091 \times D_b^{0,62}$$

k_g	Condições geológicas
1,0	Boas
1,4	Médias
2,0	Ruins ou sem informações

para $L_c > 0$: $V_{ct} = N_t \times \frac{\pi}{2} \times [(D_c + 3)^2 - (D_c + 2 \times e_{cc})^2] \times D_c$

para $L_c = 0$: $V_{ct} = N_t \times \frac{\pi}{2} \times [(D_b + 3)^2 - (D_b + 2 \times e_c)^2] \times D_b$

onde:

V_{cr}	Volume de concreto do revestimento dos túneis forçados, em m^3
V_{ct}	Volume de concreto da transição da seção quadrada para circular após a tomada d'água, em m^3
V_{cf}	Volume de concreto adicional nas bifurcações, em m^3 , quando prevista
V_{cb}	Volume de concreto das casas de válvula no início do conduto, em m^3 , quando previstas
V_{cc}	Volume de concreto das casas de válvula no fim do conduto, em m^3 , quando previstas
N_t	Número de túneis forçados
D_c	Diâmetro interno do túnel forçado na parte não blindada, em m
e_{cc}	Espessura do revestimento de concreto na parte não blindada do túnel forçado, em m
L_c	Comprimento da parte não blindada do túnel forçado, em m
D_b	Diâmetro interno do túnel forçado na parte blindada, em m
e_c	Espessura do revestimento de concreto na parte blindada do túnel forçado, em m
L_b	Comprimento da parte blindada do túnel forçado, em m
N_g	Número de unidades geradoras
A	Diâmetro da entrada da caixa espiral, em m
k_g	Coefficiente que traduz as condições geológicas
H	Carga hidrostática média do túnel forçado, em m

As taxas de cimento e armadura são as seguintes:

	Cimento (kg/m^3)	Armadura (kg/m^3)
Transição e revestimento	250	50
Bifurcações e casas de válvula	270	70

O preço unitário do cimento é de R\$ 348,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada empregado na fabricação do concreto, medido a partir de taxas de projeto, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem e manipulação.

O preço unitário da armadura é de R\$ 4.327,00/t, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Este valor corresponde ao preço por tonelada de aço empregado, e inclui o fornecimento, transporte até o local da obra, armazenagem, preparo e colocação das armaduras.

Os preços unitários do concreto sem cimento expressos em reais por metro cúbico do volume dos condutos forçados e referidos a dezembro de 2006, aplicáveis para aproveitamentos localizados nas regiões

Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo todos os serviços e insumos necessários a fabricação, transporte até uma distância de 1,5km, colocação e tratamento do concreto, são os seguintes:

- Transição, revestimento e bifurcações: 129,00/m³
- Ccasas de válvula: 174,00/m³

Quando a realização do serviço exigir grandes picos de produção com descontinuidade expressivas, pequenos volumes de trabalho que tornam proporcionalmente mais significativos os custos de mobilização e desmobilização do empreiteiro, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço unitário do concreto sem cimento poderá ser aumentado em até 10%

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Revestimento Metálico

O peso total do revestimento metálico é obtido a partir de sua espessura e do comprimento da parte blindada.

Todas as espessuras abaixo calculadas deverão ser substituídas pelas espessuras comerciais, em centímetro, imediatamente superior, utilizando as expressões:

$$x = \frac{e}{2,54}$$

$$\text{se } x \leq 1: e = 2,54 \times \frac{\text{int}(32 \times x + 0,9999)}{32}$$

$$\text{se } 1 < x \leq 1,5: e = 2,54 \times \frac{\text{int}(16 \times x + 0,9999)}{16}$$

$$\text{se } x > 1,5: e = 2,54 \times \frac{\text{int}(8 \times x + 0,9999)}{8}$$

A espessura mínima construtiva, e_{\min} (cm), é dada pela expressão:

$$e_{\min} = \frac{D_b}{4} + 0,127 \geq 0,635 \text{ cm}$$

onde:

D_b Diâmetro interno do túnel forçado na parte blindada, em m

A pressão de serviço, p_s (kgf/cm²), nos pontos 0 a 3 é dada pelas expressões abaixo, supondo que o revestimento metálico resista à metade da pressão dinâmica:

Para aproveitamento sem chaminé de equilíbrio:

$$p_{s0} = \frac{0,1 \times (NA_{\max} - EI_0)}{2}$$

$$p_{s1} = \frac{0,1 \times (NA_{\max} + i_s \times L_{h1} - EI_1)}{2}$$

$$p_{s2} = \frac{0,1 \times (NA_{\max} + i_s \times (L_{h1} + L_{h2}) - EI_2)}{2}$$

$$p_{s3} = \frac{0,1 \times (NA_{max} + h_{sx} - EI_3)}{2}$$

para aproveitamento com chaminé de equilíbrio:

$$p_{so} = \frac{0,1 \times (NA_{xch} - EI_0)}{2}$$

$$p_{s1} = \frac{0,1 \times (NA_{xch} + i_s \times L_{h1} - EI_1)}{2}$$

$$p_{s2} = \frac{0,1 \times (NA_{xch} + i_s \times (L_{h1} + L_{h2}) - EI_2)}{2}$$

$$p_{s3} = \frac{0,1 \times (NA_{xch} + h_{sx} - EI_3)}{2}$$

onde:

NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
NA_{xch}	Nível d'água máximo na chaminé de equilíbrio, em m
EI_i	Cota do ponto i, em m
L_{hi}	Comprimento da projeção horizontal do trecho i, em m
h_{sx}	Sobrepresão máxima no túnel devido ao golpe de aríete, em m
i_s	Declividade da linha de energia para sobrepresão máxima

A espessura do revestimento metálico requerida no ponto i, e_i (cm), poderá ser calculada pela expressão:

$$e_i = \frac{100 \times p_{si} \times D_b}{2 \times \tau_a} + 0,3$$

onde:

D_b	Diâmetro interno do túnel forçado na parte blindada, em m
p_{si}	Pressão de serviço no ponto i, em kgf/cm^2
τ_a	1.200kgf/cm^2 , tensão admissível do aço
0,3	Espessura adicional para compensar a corrosão, em cm

A pressão de serviço suportada pela chapa de espessura mínima, p_{sn} (kgf/cm^2), é dada pela expressão:

$$p_{sn} = 2 \times \tau_a \times \frac{e_{min} - 0,3}{100 \times D_b}$$

onde:

τ_a	1.200kgf/cm^2 , tensão admissível no aço
e_{min}	Espessura mínima construtiva da chapa metálica, em cm
D_b	Diâmetro interno do conduto forçado, em m

As expressões para determinar o peso do revestimento metálico, P_b (t), dependerão do trecho onde a blindagem inicia.

A pressão de serviço no ponto B, início da parte blindada do túnel forçado, p_{sB} (kgf/cm^2), é dada pela expressão abaixo:

$$p_{sB} = \frac{0,1 \times (NA_{\max} + i_s \times L_c - El_0)}{2}$$

onde:

NA_{\max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
i_s	Declividade da linha de energia para sobrepressão máxima
L_c	Comprimento da parte não blindada do túnel forçado, em m
El_0	Cota do ponto 0, em m

- Caso a – quando a blindagem inicia no trecho 1:

- Caso a1 – se $p_{sB} \geq p_{sn}$:

$$P_{b1} = k_b \times \frac{e_B + e_1}{2} \times L_{b1} \qquad P_{b2} = k_b \times \frac{e_1 + e_2}{2} \times L_2$$

$$P_{b3} = k_b \times \frac{e_2 + e_3}{2} \times L_{b3}$$

- Caso a2 – se $p_{s1} \geq p_{sn} \geq p_{sB}$:

$$L_{\min} = 2 \times \frac{p_{sn} - p_{sB}}{0,1 \times i_s}$$

$$P_{b1} = k_b \times e_{\min} \times L_{\min} + k_b \times \frac{e_{\min} + e_1}{2} \times (L_{b1} - L_{\min})$$

P_{b2}, P_{b3} iguais aos do caso a1.

$$e_B = e_{\min}$$

- Caso a3 – se $p_{s2} \geq p_{sn} > p_{s1}$:

$$L_{\min} = 2 \times \frac{p_{sn} - p_{s1}}{0,1 \times \left(\frac{i_s}{2} + \text{tg} \alpha_2 \right) \times \cos \alpha_2}$$

$$P_{b1} = k_b \times e_{\min} \times L_{b1}$$

$$P_{b2} = k_b \times e_{\min} \times L_{\min} + k_b \times \frac{e_{\min} + e_2}{2} \times (L_2 - L_{\min})$$

P_{b3} igual ao do caso a1.

$$e_B = e_1 = e_{\min}$$

- Caso a4 – se $p_{s3} \geq p_{sn} > p_{s2}$:

$$L_{\min} = 2 \times \frac{p_{sn} - p_{s2}}{0,1 \times i_s}$$

P_{b1} igual ao do caso a3.

$$P_{b2} = k_b \times e_{\min} \times L_2$$

$$P_{b3} = k_b \times e_{\min} \times L_{\min} + k_b \times \frac{e_{\min} + e_3}{2} \times (L_{h3} - L_{\min})$$

$$e_B = e_1 = e_2 = e_{\min}$$

- Caso a5 – se $p_{sn} > p_{s3}$:
 P_{b1}, P_{b2} iguais aos do caso a4.

$$P_{b3} = k_b \times e_{\min} \times L_{h3}$$

$$e_B = e_1 = e_2 = e_3 = e_{\min}$$

- Caso b – quando a blindagem inicia no trecho 2:

- Caso b1 – se $p_{sB} \geq p_{sn}$:

$$P_{b1} = 0$$

$$P_{b2} = k_b \times \frac{e_B + e_2}{2} \times L_{b2}$$

$$P_{b3} = k_b \times \frac{e_2 + e_3}{2} \times L_{h3}$$

- Caso b2 – se $p_{s2} \geq p_{sn} \geq p_{sB}$:

$$L_{\min} = 2 \times \frac{p_{sn} - p_{sB}}{0,1 \times \left(\frac{i_s}{2} + \tan \alpha_2 \right) \times \cos \alpha_2} \quad P_{b1} = 0$$

$$P_{b2} = k_b \times e_{\min} \times L_{\min} + k_b \times \frac{e_{\min} + e_2}{2} \times (L_2 - L_{\min})$$

P_{b3} igual ao do caso b1.

$$e_B = e_{\min}$$

- Caso b3 – se $p_{s3} \geq p_{sn} > p_{s2}$:

$$L_{\min} = 2 \times \frac{p_{sn} - p_{s2}}{0,1 \times i_s} \quad P_{b1} = 0$$

$$P_{b2} = k_b \times e_{\min} \times L_{b2}$$

$$P_{b3} = k_b \times e_{\min} \times L_{\min} + k_b \times \frac{e_{\min} + e_3}{2} \times (L_{h3} - L_{\min})$$

$$e_B = e_2 = e_{\min}$$

- Caso b4 – se $p_{sn} > p_{s3}$:

$$P_{b1} = 0$$

P_{b2} igual ao do caso b3.

$$P_{b3} = k \times e_{\min} \times L_{h3}$$

$$e_B = e_2 = e_3 = e_{\min}$$

- Caso c – quando a blindagem inicia no trecho 3:

- Caso c1 – se $p_{sB} \geq p_{sn}$:

$$P_{b1} = P_{b2} = 0 \qquad P_{b3} = k_b \times \frac{e_B + e_3}{2} \times L_b$$

- Caso c2 – se $p_{s3} \geq p_{sn} > p_{sB}$:

$$L_{min} = 2 \times \frac{p_{sn} - p_{sB}}{0,1 \times i_s} \qquad P_{b1} = P_{b2} = 0$$

$$P_{b3} = k_b \times e_{min} \times L_{min} + k_b \times \frac{e_{min} + e_3}{2} \times (L_b - L_{min})$$

$$e_B = e_{min}$$

- Caso c3 – se $p_{sn} > p_{s3}$:

$$P_{b1} = P_{b2} = 0 \qquad P_{b3} = k_b \times e_{min} \times L_b$$

$$e_B = e_3 = e_{min}$$

sendo: $k_b = \frac{7,842}{100} \times \pi \times D_b$

onde:

p_{si}	Pressão de serviço no ponto i, em kgf/cm ²
k_b	Coefficiente
e_i	Espessura da chapa no ponto i, em cm
L_{bi}	Comprimento da parte blindada no trecho i onde começa a blindagem, em m
L_2	Comprimento do trecho 2, em m
L_{h3}	Comprimento do trecho 3, em m
p_{sn}	Pressão de serviço suportada pela chapa de espessura mínima, em kgf/cm ²
i_s	Declividade da linha de energia para sobrepressão máxima
e_{min}	Espessura mínima construtiva da blindagem, em cm
L_{min}	Comprimento com espessura mínima, em m
α_2	Inclinação do trecho 2 em relação à horizontal, em graus
7,842	Massa específica do aço, em t/m ³
D_b	Diâmetro interno do túnel forçado na parte blindada, em m

O peso total do revestimento metálico, $P_b(t)$, já incluindo 10% de provisão para fixações, é dado pela expressão:

$$P_b = 1,10 \times N_t \times (P_{b1} + P_{b2} + P_{b3})$$

onde:

N_t	Número de túneis forçados
P_{bi}	Peso do revestimento metálico no trecho i, em t

O custo de aquisição da chapa metálica do conduto forçado é R\$ 4.235,00/t – custo FOB, sem inclusão de custos de transporte e seguro, montagem e testes e provisões para impostos e taxas incidentes conforme legislação tributária vigente –, referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento.

Ao custo FOB, deve-se acrescentar percentuais de:

- 5,0%: para transporte e seguro.
- 8,0%: para montagem e testes.
- 28,0%: para impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

Válvula do Tipo Borboleta (conta .12.19.34.23.24)

O custo de aquisição de cada válvula do tipo borboleta, C_{vb} (R\$), do conduto forçado – custo FOB – é dado pela expressão abaixo (ou obtido no Gráfico B.29, Anexo B, em função de seu diâmetro e da pressão máxima de serviço), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento:

$$C_{vb} = 2,528 \times H_x^{0,35} \times K_B$$

onde:

$$K_B = 1000 \times (9,6 \times D_B^2 + 8,6 \times D_B - 1,85), \text{ para } 0,75 \leq D_B \leq 2,0 \text{ m., e } 10 \leq H_x \leq 300$$

$$K_B = 1000 \times (10,2 \times D_B^2 + 9,2 \times D_B - 1,97), \text{ para } 2,5 \leq D_B \leq 8,0 \text{ m., e } 10 \leq H_x \leq 300$$

- caso a, válvula no início do conduto, logo após chaminé de equilíbrio:

$$D_B = D_b \qquad H_x = NA_{xch} - El_0$$

- caso b, válvula no fim do conduto:

$$D_B = A \qquad H_x = NA_{max} - El_4 + h_s$$

onde:

H_x	Pressão máxima de serviço da válvula, em m
K_B	Coefficiente
D_B	Diâmetro da válvula borboleta, em m
D_b	Diâmetro interno do conduto forçado, em m
NA_{max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
NA_{xch}	Nível d'água máximo na chaminé de equilíbrio, em m
El_i	Cota do eixo da válvula borboleta, em m
h_s	Sobrepresão máxima devida a golpe de aríete, em m
A	Diâmetro da entrada da caixa espiral, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos

Válvula do Tipo Esférica (conta .12.19.34.23.24)

O preço de aquisição de uma válvula do tipo esférica, C_{ve} (R\$), do conduto forçado – custo FOB – é dado pela expressão abaixo (ou obtido no Gráf.B.30 do anexo B, em função de seu diâmetro e da pressão máxima de serviço), referido a dezembro de 2006, independente da localização do aproveitamento (Eletrosul, 1996):

$$C_{ve} = 2,528 \times H_x^{0,40} \times K_E$$

onde:

$$K_E = 1000 \times (24,4 \times D_E^2 + 4,4 \times D_E + 12,37), \text{ para } 1,0 \leq D_E \leq 4,0 \text{ m., e } 200 \leq H_x \leq 1.500 \text{ m.}$$

$$D_E = A$$

$$H_x = NA_{\max} - EI_4 + h_s$$

onde:

H_x	Pressão máxima de serviço da válvula, em m
K_E	Coefficiente
D_E	Diâmetro da válvula esférica, em m
A	Diâmetro da entrada da caixa espiral, em m
NA_{\max}	Nível d'água máximo normal do reservatório, em m
EI_4	Cota do eixo da válvula esférica, em m
h_s	Sobrepessão máxima devida a golpe de aríete, em m

Ao custo FOB, deve-se acrescentar custos de transporte e seguro, montagem e testes, e impostos e taxas incidentes sobre os equipamentos.

CANAL DE FUGA

As principais informações utilizadas para dimensionamento vêm do arranjo geral, do item 5.1.2. (Dados Hidrometeorológicos) e do dimensionamento em andamento e são as seguintes:

- Nível d'água mínimo no canal de fuga, NA_{fu} , em m.
- Largura da casa de força, exceto para a equipada com turbinas Pelton, B_{cf} , em m.
- Comprimento médio do canal de fuga, L_{fu} , em m.
- Vazão turbinada máxima total, Q_t , em m^3/s .
- Velocidade média do escoamento no canal de fuga, preferivelmente inferior a 1,5m/s, v_{fu} , em m/s.
- Cota média do terreno na seção 0 transversal ao eixo longitudinal do canal de fuga, junto à casa de força, EI_{t0} .
- Espessura da camada de solo na seção 0, e_{te0} , em m.
- Cota média do terreno na seção 1 transversal ao eixo longitudinal do canal de fuga no primeiro terço, EI_{t1} .
- Espessura da camada de solo na seção 1, e_{te1} , em m.
- Cota média do terreno na seção 2 transversal ao eixo longitudinal do canal de fuga no segundo terço, EI_{t2} .
- Espessura da camada de solo na seção 2, e_{te2} , em m.
- Inclinação média do talude lateral, distância horizontal para um desnível de 1,0 m, em, m.

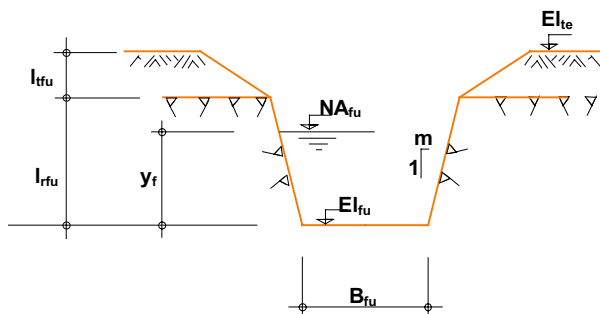


Figura 5.7.6.11 – Seção típica do canal de fuga.

A metodologia abaixo apresentada presta-se para canais curtos, onde a perda de carga é desprezível. Um canal pode ser considerado curto se seu comprimento não supera três vezes a largura do fundo do canal.

Para aproveitamentos em que a casa de força é equipada com turbinas tipo Pelton, é preferível utilizar a planilha para canais de adução longa (576CN.xls), com adaptações.

A inclinação média do talude lateral, “m”, depende das condições geológicas e da altura da escavação:

m	Altura da escavação
0,3	≤ 16m
0,6	> 16m

Para boas condições geológicas, pode-se adotar talude vertical se for possível escavar sem bermas intermediárias.

Dimensionamento do Canal

A área da seção de escoamento do canal, A_{fu} (m²), é dada pela expressão:

$$A_{fu} = \frac{Q_t}{v_{fu}}$$

onde:

Q_t	Vazão turbinada máxima total, em m ³ /s
v_{fu}	Velocidade média do escoamento

A largura do fundo do canal, B_{fu} (m), é dada pela expressão:

$$B_{fu} = B_{cf} - 2,0$$

onde:

B_{cf}	Largura da casa de força, exceto para a equipada com turbinas Pelton, em m
----------	--

A profundidade de escoamento do canal, y_f (m), é dada pela expressão:

$$y_f = \frac{-B_{fu} + \sqrt{B_{fu}^2 + 4 \times m \times A_{fu}}}{2 \times m}$$

onde:

B_{fu}	Largura do fundo do canal, em m
A_{fu}	Área da seção transversal de escoamento do canal, em m ²
m	Distância horizontal para um desnível de 1,0 m na declividade do talude

A cota do fundo do canal, El_{fu} , é dada pela expressão:

$$El_{fu} = NA_{nfu} - y_f$$

onde:

NA_{nfu}	Nível d'água mínimo no canal de fuga, em m
y_f	Profundidade de escoamento do canal, em m

A perda de carga no canal é desprezível.

Escavação Comum (Conta .12.19.35.12.10)

O volume de escavação comum, V_{tfu} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{tfu} = \left(\frac{V_{tf0}}{2} + V_{tf1} + V_{tf2} \right) \times \frac{L_{fu}}{3}$$

sendo:

$$V_{\text{ffi}} = [B_{\text{fu}} - 10 \times m + 2 \times (m \times h_{\text{rfi}} + e_{\text{tei}})] \times e_{\text{tei}}$$

$$h_{\text{rfi}} = (El_{\text{tei}} - El_{\text{fu}}) - e_{\text{tei}}$$

onde:

V_{ffi}	Volume de escavação comum por metro na seção i do canal, em m ³ /m
L_{fu}	Comprimento do canal de fuga, em m
B_{fu}	Largura do fundo do canal, em m
m	Distância horizontal para um desnível de 1,0m na declividade do talude, em m
h_{ri}	Profundidade de escavação em rocha na seção i do canal, em m
e_{tei}	Espessura média da camada de terra na seção i do canal, em m
El_{tei}	Cota do terreno no eixo do canal na seção i do canal, em m
El_{fu}	Cota do fundo do canal, em m

O preço unitário de escavação comum é de R\$ 7,60/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do canal de fuga, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

Escavação em Rocha a Céu Aberto (Conta .12.19.35.11)

O volume de escavação em rocha a céu aberto, V_{rfu} (m³), é dado pela expressão:

$$V_{\text{rfu}} = \left(\frac{V_{\text{rf0}}}{2} + V_{\text{rf1}} + V_{\text{rf2}} \right) \times \frac{L_{\text{fu}}}{3}$$

sendo:

$$V_{\text{rfi}} = (B_{\text{fu}} - 10 \times m + m \times h_{\text{rfi}}) \times h_{\text{rfi}}$$

onde:

V_{rfi}	Volume de escavação em rocha a céu aberto por metro na seção i do canal, em m ³ /m
L_{fu}	Comprimento do canal de fuga, em m
B_{fu}	Largura do fundo do canal, em m
m	Distância horizontal para um desnível de 1,0m na declividade do talude, em m
h_{ri}	Profundidade de escavação em rocha na seção i do canal, em m

O preço unitário de escavação em rocha é de R\$ 21,00/m³, referido a dezembro de 2006, aplicável para aproveitamentos localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Esse valor corresponde ao preço por metro cúbico medido no corte do material escavado na linha de projeto do canal de fuga, inclui limpeza e raspagem da área, escavação, carga, transporte até uma distância de 1,5km e descarga e, quando necessário, deverá ser ajustado para cada aproveitamento de acordo com as seguintes recomendações:

- quando a realização do serviço envolver topografia adversa, grandes discontinuidades, pequenos volumes e praças exíguas, a critério do orçamentista e na falta de melhor informação, o preço poderá ser aumentado em até 20%; ou
- quando a realização do serviço envolver topografia favorável, grandes produções com facilidade de praça de trabalho e grandes volumes, o preço poderá ser diminuído em até 20%.

Para a Amazônia Legal o preço deverá ser majorado de 20% ou de acordo com pesquisa de mercado.

5.7.7 Estradas de Rodagem, de Ferro e Pontes (Conta .16)

A partir do mapa viário da região e de eventual incursão ao campo é identificada a necessidade de construção de pontes, seu comprimento, assim como das estradas de rodagem ou de ferro e definidas as classes de construção.

Dever-se-á calcular o custo desta conta utilizando-se os preços unitários dos Quadros 4.10.10.01 a 4.10.10.03. Considerar, quando identificada a necessidade de construção de pista de pouso em solo (1km), o valor global de R\$ 500.000,00 por pista. Para instalações de aeroporto de maior porte proceder levantamento à parte do Manual.

5.7.8 Custos Indiretos (Conta .17)

Os custos indiretos compreendem:

- Construção e manutenção do canteiro e acampamento.
- Engenharia e estudos socioambientais.
- Administração do proprietário.

Os custos são obtidos através de gráficos ou de valores percentuais em função do custo direto total, conforme descrito adiante.

Canteiro e Acampamento (Conta .17.21)

Os dados básicos são:

- Informar a existência ou não de acampamento.
- Volume total de concreto da obra, V_{ct} , em m^3 .
- Volume total de escavação a céu aberto, V_{et} , em m^3 .
- Volume de escavação subterrânea, V_{es} , em m^3 .
- Volume total de aterro e/ou enrocamento, V_a , em m^3 .

Para a obtenção do custo de construção e manutenção do canteiro e acampamento utilizar a planilha 57ope.xls.

Na fase de estudos de inventário, os custos das construções e da manutenção e operação do canteiro e do acampamento são obtidos em função do volume de serviço traduzido pelo fator F:

para $V_a \leq 30.000.000 m^3$

$$F = 30 \times V_{ct} + V_{et} + 5 \times V_{es} + 0,25 \times V_a$$

para $V_a > 30.000.000 \text{ m}^3$

$$F = 30 \times V_{ct} + V_{et} + 5 \times V_{es} + 0,15 \times V_a$$

onde:

V_{ct}	Volume total de concreto da obra, em m^3
V_{et}	Volume total de escavação a céu aberto, constituído pela soma dos volumes de escavação comum, em rocha e em área de empréstimo, em m^3
V_{es}	Volume de escavação subterrânea, em m^3
V_a	Volume total de aterro de solo e/ou enrocamento, em m^3

Engenharia (Conta. 17.22.40)

Adotar-se-á para esta conta, que representa os custos referentes à Engenharia, o valor global obtido a partir de percentuais sobre o custo direto total, aplicados para os subitens abaixo:

- 3,5%: .17.22.40.36 – Engenharia Básica
- 1,0%: .17.22.40.37 – Serviços Especiais de Engenharia
- 0,5%: .17.22.40.54 – Estudos e Projetos Socioambientais

Administração do Proprietário (Conta. 17.22.41)

O custo de administração do proprietário é estimado como 10% do custo direto total.

5.7.9 Juros Durante a Construção (Conta .18)

O procedimento adotado para a estimativa do valor dos juros durante a construção é o de distribuir os custos de acordo com o cronograma de construção, aplicando-se uma taxa de juros sobre o total dos custos acumulados de cada ano.

Os Quadros 5.7.9.01 e 5.7.9.02 apresentam as taxas de juros durante a construção utilizando como exemplo as taxas de juros anuais (i) de 10 e 12%. Observa-se que a taxa de juros anuais deverá ser obtida junto ao poder concedente.

Com base no tempo estimado de construção, desde a mobilização até a geração, recomenda-se adotar o cronograma de desembolso e a respectiva taxa de juros durante a construção.

Quadro 5.7.9.01 – Taxa de juros durante a construção (para $i = 10\% \text{ a.a.}$).

Tempo de const. (Anos)	Ano							Cálculo do juro	%juros
	1	2	3	4	5	6	7		
2	40	60						109,55	10
3	25	40	35					115,08	15
4	15	30	35	20				120,89	21
5	10	20	25	30	15			126,11	26
6	5	15	20	21	25	14		130,14	30
7	3	7	15	20	20	21	14	133,22	33

Quadro 5.7.9.02 – Taxa de juros durante a construção (para $i = 12\%$ a.a.).

Tempo de const. (Anos)	Ano							Cálculo do juro	%juros
	1	2	3	4	5	6	7		
2	40	60						111,49	11
3	25	40	35					118,26	18
4	15	30	35	20				125,44	25
5	10	20	25	30	15			131,97	32
6	5	15	20	21	25	14		137,09	37
7	3	7	15	20	20	21	14	141,03	41

5.8 COMPARAÇÃO E SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS

Na análise das alternativas de divisão de queda consideradas nos Estudos Finais, o benefício energético resultante do desenvolvimento do potencial hidroelétrico da bacia, conforme cada alternativa, deve ser comparado com os custos de implantação e com os impactos socioambientais negativos causados pela sua realização. Adicionalmente, deve-se considerar na escolha da melhor alternativa os impactos socioambientais positivos na bacia oriundos da implantação dos aproveitamentos hidroelétricos.

As implicações econômico-energéticas são avaliadas pelo índice custo-benefício energético, enquanto que os impactos socioambientais negativos são avaliados através do índice de impactos socioambientais negativos. Os impactos socioambientais positivos na bacia são avaliados separadamente pelo índice de impactos socioambientais positivos. Os itens 5.8.1, 5.8.2 e 5.8.3 descrevem a obtenção para cada alternativa dos três índices em nível de Estudos Finais e o item 5.8.4 descreve como, a partir destes índices, definir sob um enfoque de objetivos múltiplos uma hierarquização das alternativas que permita escolher a melhor delas.

5.8.1 Índice Custo/Benefício Energético

A metodologia nos Estudos Finais para a obtenção do índice custo-benefício energético das alternativas examinadas é a mesma utilizada nos Estudos Preliminares, e está apresentada no item 4.11.1. Naturalmente, os benefícios energéticos e as estimativas de custo utilizadas agora devem ser os determinados com os critérios e procedimentos correspondentes à fase de Estudos Finais, descritos respectivamente nos itens 5.3 e 5.7.

5.8.2 Índice de Impacto Socioambiental Negativo

O índice de impacto socioambiental negativo de uma alternativa de divisão de queda deve expressar o grau de impacto negativo do conjunto dos aproveitamentos que a compõem sobre a área de estudo. Nos Estudos Finais, a obtenção deste índice visa hierarquizar as alternativas em função do atendimento ao objetivo de minimização dos impactos socioambientais negativos, de modo a subsidiar a sua comparação e a seleção da melhor alternativa.

A construção do índice de impacto socioambiental negativo de uma alternativa, do mesmo modo que nos Estudos Preliminares, desenvolve-se em duas etapas:

- Composição do índice de impacto da alternativa sobre cada componente-síntese (relativo ao impacto do conjunto de aproveitamentos sobre o componente).
- Composição do índice de impacto da alternativa sobre o sistema ambiental (correspondente à agregação dos seus índices de impacto relativos a todos os componentes-síntese).

Composição do Índice de Impacto Socioambiental Negativo da Alternativa sobre Componente-síntese

O índice de impacto socioambiental negativo de cada alternativa de divisão de queda sobre cada componente-síntese deve representar o impacto do conjunto de aproveitamentos que compõem a alternativa sobre esse componente-síntese na área de estudo. Para tanto, nesta etapa devem ser considerados

os processos impactantes do conjunto de aproveitamentos que afetam uma mesma subárea, incluindo os efeitos cumulativos e sinérgicos entre esses aproveitamentos.

O índice de impacto socioambiental negativo da alternativa sobre cada componente-síntese na área de estudo (IAC) será obtido pela soma ponderada dos índices de impacto relativos às subáreas, atribuídos conforme procedimentos descritos no item 5.4.:

$$IAC = \sum I_{SAi} \times P_{SAi} \tag{5.8.2.01}$$

onde:

I_{SAi}	Índice de impacto socioambiental negativo sobre componente relativo ao conjunto de aproveitamentos que afetam a subárea i
P_{SAi}	Fator de ponderação relativo a cada subárea i, para determinado componente-síntese

Visando manter os valores de IAC entre zero e um, os pesos P_{SAi} devem ser atribuídos também em uma escala contínua de zero a um, devendo a soma dos pesos relativos às subáreas ser igual à unidade, para cada componente.

Os pesos são utilizados para possibilitar a relativização dos índices das subáreas no contexto da área de estudo. Estes fatores de ponderação são aqueles estabelecidos por componente-síntese nos Estudos Preliminares, tendo em vista a relevância dos processos socioambientais que ocorrem em cada subárea. Observa-se que a consolidação do diagnóstico (item 5.2) pode levar à revisão dos valores atribuídos aos pesos.

Neste sentido, em função das especificidades de cada componente-síntese e de cada área de estudo, poderão ser estabelecidos diferentes procedimentos para sistematizar esta ponderação entre as subáreas.

Para o cálculo do índice, sugere-se a elaboração de uma tabela, como a indicada a seguir.

Quadro 5.8.2.01 -- Índice de Impacto Socioambiental Negativo de Alternativa sobre Componente-síntese.

Aproveitamentos	Subáreas (Peso)	I (0.07)	II (0.08)	III (0.18)	IV (0.12)	V (0.25)	VI (0.30)	
A			x					
B			x	x	x			
C				x		x		
F			x					
G		x						
H		x				x		
I		x	x	x	x	x		
M		x					x	
N		x		x				
Q ₂							x	
I_{SAi}		0.65	0.55	0.95	0.20	0.40	1.0	IAC
$I_{SAi} \times P_{SAi}$		0.045	0.044	0.171	0.024	0.10	0.30	0.684

No caso do componente População Indígena, uma vez que a unidade espacial de análise é a própria área de estudo, não há fatores de ponderação entre as subáreas. Portanto, IAC deve representar o impacto do conjunto de aproveitamentos da alternativa considerada sobre este componente.

Composição do Índice de Impacto Negativo de Alternativa sobre o Sistema Ambiental

O índice de impacto socioambiental negativo de alternativa sobre o Sistema Ambiental (IA) deve expressar o seu impacto socioambiental negativo total sobre a área de estudo, ou seja, deve considerar os impactos socioambientais negativos causados pela alternativa sobre todos os componentes-síntese.

Este índice é obtido pela soma ponderada dos índices de impacto da alternativa sobre componente-síntese (IAC), calculados anteriormente.

$$IA = \sum IAC_i \times P_{ci} \quad (5.8.2.02)$$

onde:

P_{ci} Fator de ponderação relativo a cada componente-síntese

Visando manter os valores de IA entre zero e um, os pesos P_{ci} devem ser atribuídos também em uma escala contínua de zero a um, devendo ser a soma dos pesos de todos os componentes igual à unidade.

Os pesos são utilizados para possibilitar a relativização dos índices de impacto da alternativa sobre componente-síntese no quadro ambiental da área de estudo. Estes fatores de ponderação devem representar a importância relativa entre os processos impactantes de cada componente-síntese sobre o sistema ambiental, que pode ser medida pela repercussão de tais processos sobre os demais componentes.

Estes fatores de ponderação foram determinados nos Estudos Preliminares, podendo, caso necessário, sofrer uma revisão em função das análises sistêmicas dos processos impactantes dos diversos componentes realizadas durante os Estudos Finais.

5.8.3 Índice de Impactos Socioambientais Positivos (IAp)

O índice de impacto socioambiental positivo de uma alternativa de divisão de queda (IAp) deve expressar o grau de impacto positivo para a área de estudo associado à implantação do conjunto dos aproveitamentos que a compõem. A obtenção deste índice visa incorporar os impactos socioambientais positivos na decisão final sobre a melhor alternativa.

A construção do índice de impacto socioambiental positivo de uma alternativa desenvolve-se em duas etapas:

- Composição dos índices de impacto positivo da alternativa relativo a cada elemento do sistema ambiental selecionado para a avaliação.
- Composição do índice de impacto positivo da alternativa para a área do estudo (correspondente à agregação dos seus índices de impacto relativos a cada elemento).

Composição do Índice de Impacto Socioambiental Positivo da Alternativa relativo a cada Elemento Selecionado

O índice de impacto socioambiental positivo de cada alternativa de divisão de queda relativo a cada elemento (IAE) deve representar o impacto do conjunto de aproveitamentos que compõem a alternativa sobre esse elemento na área de estudo.

Composição do Índice de Impacto Socioambiental Positivo de Alternativa sobre o Sistema Ambiental

O índice de impacto socioambiental positivo de alternativa sobre o sistema ambiental (IAp) deve expressar o seu impacto socioambiental positivo total sobre a área de estudo, ou seja, deve considerar os impactos socioambientais positivos causados pela alternativa sobre todos os elementos.

Este índice é obtido pela soma ponderada dos índices de impacto socioambiental positivo da alternativa sobre cada elemento (IAE), calculados anteriormente.

$$IAp = \sum IAE_i \times Pe_i \quad (5.8.3.01)$$

onde:

Pei	Fator de ponderação relativo a cada elemento
-----	--

Visando manter os valores de IAp entre zero e um, os pesos Pei devem ser atribuídos também em uma escala contínua de **zero a um**, devendo ser a soma dos pesos de todos os componentes igual à unidade.

Os fatores de ponderação são utilizados para possibilitar a relativização dos índices de impacto socioambiental positivo da alternativa sobre cada elemento no quadro ambiental da área de estudo. Estes pesos devem representar a importância relativa entre os processos impactantes de cada elemento sobre o sistema ambiental, que pode ser medida pela repercussão de tais processos sobre os demais elementos.

5.8.4 Definição da Alternativa Escolhida

Inicialmente, as alternativas devem ser comparadas através de uma representação gráfica onde, assim como nos Estudos Preliminares (item 4.11.3), em um dos eixos estará representado o índice custo/benefício energético e no outro o índice de impacto socioambiental negativo, devendo a escolha da melhor alternativa ser feita entre aquelas representadas por pontos próximos à região inferior esquerda do gráfico.

Propõe-se como critério de hierarquização das alternativas um **índice de preferência, I**, obtido pela soma ponderada dos índices custo/benefício energético e de impacto socioambiental negativo, tomando-se o cuidado de antes padronizar o índice custo/benefício energético dividindo-o pelo custo unitário de referência, CUR (item 2.6):

$$I = p_{cb} \times \frac{ICB}{CUR} + p_a \times IAn \quad (5.8.4.01)$$

sendo:

$$p_{cb} + p_a = 1$$

$$p_{cb} \geq 0 \quad p_a \geq 0 \quad p_{ben} \geq 0$$

onde:

p_{cb}	Peso que reflete a importância relativa do objetivo “minimização do índice custo-benefício energético”
ICB	Índice custo/benefício energético, em R\$/MWh
CUR	Custo unitário de referência, em R\$/MWh
p_{an}	Peso que reflete a importância relativa do objetivo “minimização do índice de impacto socioambiental negativo”
IAn	Índice de impacto ambiental negativo

Para a hierarquização das alternativas, dentro de um enfoque multiobjetivo, a definição dos pesos p_{cb} e p_{an} deve considerar, além da opinião dos especialistas envolvidos diretamente nos estudos, as contribuições e opiniões manifestadas na reunião técnica realizada ao final dos Estudos Preliminares (item 2.9), de modo a refletir o contexto em que a análise se insere e a época em que os estudos se realizam.

Para a escolha final da alternativa de divisão de queda propõe-se uma análise adicional incorporando-se à hierarquia anterior os impactos socioambientais positivos para a área do estudo representados pelo índice de impactos socioambientais positivos, IAp.

Quanto mais próximo do valor **um** estiver este índice, melhor a situação da alternativa. No caso dos índices de custo/benefício e socioambiental negativo, a melhor situação tem sentido inverso (melhor quanto mais próxima de **zero**). Assim, para a agregação de **I_{Ap}** com o índice de preferência **I** torna-se necessário utilizar seu complemento na escala, ou seja **(1 – I_{Ap})**. O **índice de preferência modificado I'** é calculado por:

$$I' = (1 - p_{ap}) \cdot I + p_{ap} (1 - I_{Ap}) \quad (5.8.4.02)$$

sendo: $0 \leq p_{ap} \leq 1$

p_{ap}	Peso que reflete a importância relativa dos impactos socioambientais positivos
I_{Ap}	Índice de impacto socioambiental positivo

A definição do peso p_{ap} deve seguir o procedimento sugerido para a definição dos pesos p_{cb} e p_{an} . Considerando que a escolha da melhor alternativa envolve três objetivos e que o objetivo de maximização dos impactos positivos tem caráter complementar aos outros dois, sugere-se que este peso (p_{ap}) não ultrapasse o valor de 0,25.

Devem ser realizadas e apresentadas análises de sensibilidade para os valores dos pesos utilizados (p_{cb} , p_{an} , p_{ap}).

Através do sistema SINV pode-se calcular o índice custo/benefício energético, utilizando-se as funções “Avaliação Econômico Energética”, os índices impacto socioambiental negativo e positivo utilizando-se a função “Calculo do Impacto Socioambiental”, e os índices de preferência e de preferência modificado, utilizando-se a função “Análise Multiobjetivo Final”. Esta última função também hierarquiza as alternativas pelos dois índices de preferência, permitindo a seleção da melhor alternativa e a realização de análises de sensibilidade para os valores dos pesos p_{cb} , p_{an} , p_{ap} , de forma a identificar alternativas robustas.

5.9 ORDENAÇÃO DOS APROVEITAMENTOS DA ALTERNATIVA SELECIONADA

Os estudos de ordenação econômica da construção dos aproveitamentos de uma alternativa de divisão de queda são feitos em nível de Inventário Hidroelétrico tomando-se como critério os custos incrementais (item 5.9.1). Nesse critério, considerando-se dois aproveitamentos, aquele de menor custo incremental deverá ser construído antes.

5.9.1 Custo Incremental

O custo incremental de um aproveitamento ou de um grupo de aproveitamentos é calculado de forma similar ao índice custo/benefício energético (item 4.11.1), modificando-se apenas o cálculo do ganho de energia firme, que passa a ser obtido considerando como construídos somente os aproveitamentos existentes e aqueles aproveitamentos que na ordem econômica de construção da alternativa analisada (item 5.9.2.) estejam apontados para serem construídos antes dos aproveitamentos em análise.

A função “*Elimina*” do sistema SINV utiliza o custo incremental para determinar quais dos aproveitamentos de uma alternativa de divisão de queda apresentam ICB superior ao custo de referência unitário (CUR) e que portanto, devem ser eliminados da alternativa.

5.9.2 Ordem Econômica de Construção

A ordem econômica de construção dos aproveitamentos de uma alternativa de divisão de queda é obtida colocando-se os aproveitamentos da alternativa em ordem crescente de custo incremental. Como a obtenção desses custos incrementais depende do conhecimento da ordem econômica de construção, esta ordenação deverá ser feita através de um processo iterativo.

Partindo-se de uma ordenação vazia, a cada passo calculam-se os índices custo/benefício energético de cada aproveitamento e grupo de aproveitamentos ainda não incluídos na ordenação, supondo como já construídos somente os aproveitamentos existentes e os que já foram incluídos na ordenação, escolhendo-se para ser adicionado à ordenação o aproveitamento ou grupo de aproveitamentos de menor índice. O processo termina quando todos os aproveitamentos da alternativa estiverem incluídos na ordenação.

Com o objetivo de reduzir o tempo de processamento, deve-se aplicar o processo iterativo acima, verificando-se inicialmente apenas aproveitamentos isolados. Caso a lista de custos incrementais resultante seja monótona-crescente, então a ordenação está terminada. Caso contrário, deve-se refazer a ordenação nos trechos com custos marginais decrescentes testando-se adições simultâneas de dois ou mais aproveitamentos, até que se tenha uma lista completa de custos incrementais monótona-crescente.

A função “*Ordena*”, do sistema SINV, ordena, segundo o custo incremental de cada aproveitamento, os aproveitamentos da alternativa de divisão de queda selecionada.

5.10 BIBLIOGRAFIA

- BAZANT, Z.P. Pore Pressure, Uplift and Failure Analysis of Concrete Dams – Criteria and Assumptions for Numerical Analysis of Dams. Anais do II Simpósio Nacional de Concreto Compactado com Rolo. Rio de Janeiro, 1975.
- BUREAU OF RECLAMATION. *Design of Small Dams*. Washington, USA: U.S. Government Printing Office, 1977, 816p.
- CHOW, V.T. *Open-channel Hydraulics*. New York: MacGraw-Hill, 1959. 680p.
- Consórcio PCE - Energética Tech, (2007). Revisão e Ampliação de Gráficos e Planilhas Eletrônicas do Manual de Inventário de Usinas Hidrelétricas. Rio de Janeiro, RJ.
- COPEL. *Determinação do Volume de Concreto*, 1977.
- COPEL. *Diâmetro do poço do gerador*, 1977.
- COPEL. *Tomada de Água – Volume de Concreto e Peso das Grades*. DPTE/007.80. Curitiba, 1980.
- COPEL. *Vertedouros*. DPTE/005.81. Curitiba, 1981a. 25p.
- COPEL. *Volumes de Concreto da Casa de Força Francis*. DPTE/023.81. Curitiba, 1981b.
- COPEL. *Revisão do Manual de Inventário – Desvio por Adufas – Dimensionamento*. DPEG/026.96. Curitiba, 1996.
- COPEL. Companhia Paranaense de Energia. *Dimensionamento de Vertedouros*. Curitiba, 1997.
- COPEL. Companhia Paranaense de Energia. *Pré-dimensionamento das estruturas da casa de força*. Curitiba, 1997.
- CORPS OF ENGINEERS. *Hydraulic Design Criteria*. v. 1. Overflow Spillway Crest. Vicksburg, Mississippi, 1971. 111-1 –111-2/1.
- CRUZ, E.C. *Turbinas Bulbo: Pré-dimensionamento para Projeto Básico*, 1995.
- DE SIERVO, F. et De Leva, F. Modern Trends in Selecting and Designing Francis Turbines. *Water Power & Dam Construction*, agosto 1976. p. 28-35.
- DE SIERVO, F. et De Leva, F. Modern Trends in Selecting and Designing Kaplan Turbines – Part one. *Water Power & Dam Construction*, dezembro 1977. p. 51-6.
- DE SIERVO, F. et De Leva, F. Modern Trends in Selecting and Designing Kaplan Turbines - Part two. *Water Power & Dam Construction*, janeiro 1978. p. 52-8.
- DE SIERVO, F. et Lugaresi, A. Modern Trends in Selecting and Designing Pelton Turbines - Part one. *Water Power & Dam Construction*, dezembro 1978. p. 40-8.
- ELETROBRÁS. *Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas*. Rio de Janeiro, 1997.
- ELETROSUL. *Revisão do Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas*. Preços de Equipamentos, 1996.
- ELETROSUL. *Revisão do Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas*. Preços de obras civis, 1996a.
- ERBISTI, P. C. F. (2ª ed.). *Comportas Hidráulicas*. Editora Interciência, 2002.
- GORDON, J.L. Vortices at Intakes. *Water Power*, abril 1970. p. 137-138.

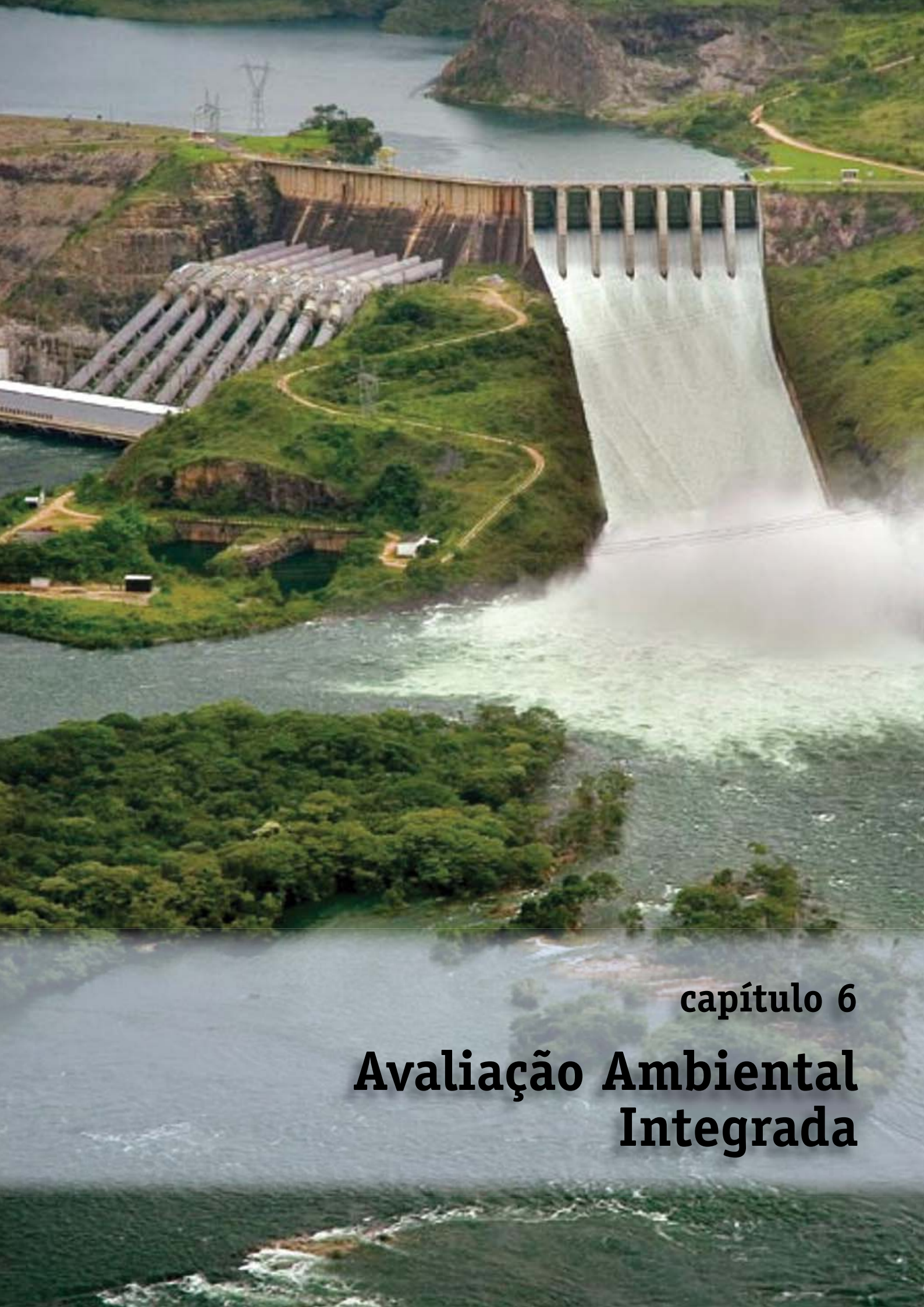
LUGARESI, A. et Massa, A. Designing Francis turbines: trends in the last decade. *Water Power & Dam Construction*, novembro 1987, p. 23-8

PETERKA, A.J. *Hydraulic design of stilling basin and energy dissipators*. 8. ed. Denver, Colorado: United States Government Printing Office, 1984. 222 p.

SARKARIA, G.S. Economic penstock diameters: a 20-year review. *Water Power & Dam Construction*, novembro 1979, p.70-2

SCHREIBER, G.P. *Usinas Hidrelétricas*. Editora Edgard Blücher, 1978.

SCHWEIGER, F. et Gregori, J. Developments in Design of Kaplan Turbines. *Water Power & Dam Construction*, novembro 1987, p. 16-20.



capítulo 6

Avaliação Ambiental Integrada

CAPÍTULO 6

6.1	OBJETIVO	598
6.2	ETAPAS DA AAI	599
6.3	INTEGRAÇÃO DOS ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS DO INVENTÁRIO E DA AAI	600
6.4	ORGANIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES CONTIDAS NOS ESTUDOS ANTERIORES	602
6.4.1	Diagnóstico Ambiental e Potenciais Conflitos	602
6.4.2	Principais Características da Alternativa de Divisão de Queda Seleccionada	602
6.4.3	Avaliação Ambiental Distribuída (AAD)	602
6.5	ATIVIDADES COMPLEMENTARES DA AAI	603
6.5.1	Áreas de Fragilidades e Potencialidades no Cenário Atual	603
6.5.2	Elaboração do Cenário de Referência	603
6.5.3	Avaliação Ambiental Integrada dos Efeitos da Implantação de todos os Empreendimentos da Alternativa de Divisão de Queda	604
6.5.4	Construção dos Indicadores de Sustentabilidade Socioambiental para a Região	605
6.5.5	Diretrizes e Recomendações	605
6.5.6	Divulgação Final dos Estudos	606

Estudos de Inventário e de Avaliação Ambiental Integrada (AAI) têm como objeto a bacia hidrográfica abordando-a, no entanto, com objetivos diferentes, porém complementares. Enquanto nos Estudos de Inventário o foco está voltado para a comparação e seleção da melhor alternativa de aproveitamento do potencial hidroelétrico da bacia, nos Estudos de Avaliação Ambiental Integrada procura-se avaliar as condições de suporte dos meios natural e antrópico, do ponto de vista de sua capacidade para receber o conjunto dos aproveitamentos hidroelétricos que compõem a alternativa de divisão de queda selecionada.

Os estudos de AAI têm seu foco principal na situação ambiental da bacia hidrográfica em consequência da implantação do conjunto de aproveitamentos existentes ou planejados. Avaliam os efeitos cumulativos e sinérgicos relativos a este conjunto de aproveitamentos considerando diferentes cenários de desenvolvimento da bacia hidrográfica, levando em conta a temporalidade para implantação dos projetos. Propõem, ainda, diretrizes e recomendações para subsidiar a concepção e implantação dos empreendimentos e o processo de licenciamento ambiental, visando a sustentabilidade socioambiental da região, tendo por referência indicadores de sustentabilidade formulados no âmbito do próprio estudo.

Com a finalidade de integrar os procedimentos da AAI à metodologia dos estudos socioambientais que subsidia a seleção da melhor alternativa no Estudo de Inventário Hidroelétrico, foram incorporadas diversas complementações ao longo deste Manual, tanto nos Estudos Preliminares quanto nos Estudos Finais.

Para atender aos requisitos da AAI e permitir que os estudos socioambientais realizados no âmbito deste Manual possam ser transformados em um documento autônomo com a finalidade de prover informações aos órgãos ambientais para o futuro licenciamento dos projetos, nesta etapa será realizada a consolidação dos estudos relativos à alternativa de divisão de queda selecionada, onde deverão ser destacados:

- Os aspectos socioambientais mais relevantes para a bacia.
- Os resultados da avaliação dos efeitos cumulativos e sinérgicos ocasionados pelo conjunto de aproveitamentos relacionados aos diversos componentes-síntese e aos aspectos selecionados para a avaliação dos impactos positivos.
- As áreas de fragilidade ambiental e de potencialidade socioeconômica em relação à implantação dos aproveitamentos da alternativa selecionada, considerando o cenário de desenvolvimento futuro da bacia e todos os aproveitamentos implantados.

Deverão também ser estabelecidas diretrizes e recomendações para a concepção e implantação dos futuros empreendimentos em função das questões destacadas nas análises realizadas, tendo em vista a sustentabilidade socioambiental da bacia e a redução dos riscos e incertezas para o aproveitamento do seu potencial hidroenergético.

6.1 OBJETIVO

Esta etapa tem como finalidade complementar e consolidar os estudos socioambientais realizados, de modo a fornecer um panorama da situação socioambiental futura da bacia hidrográfica com os aproveitamentos que compõem a alternativa de divisão de queda selecionada implantados, considerando:

- Os seus efeitos cumulativos e sinérgicos sobre os recursos naturais e sobre as populações humanas.
- Os usos atuais e potenciais dos recursos hídricos no horizonte atual e futuro de planejamento, tendo em vista compatibilizar a geração de energia elétrica com a conservação da biodiversidade.
- A sociodiversidade e a tendência de desenvolvimento socioeconômico da bacia.

No caso de revisão de inventário de uma bacia hidrográfica, devem ser considerados também aqueles empreendimentos que se encontram em operação e aqueles que porventura possuam Outorgas de Concessão ou de Autorização, emitidas pela ANEEL.

Os objetivos adicionais a serem alcançados são os seguintes:

- Desenvolver indicadores de sustentabilidade para a bacia, tendo como foco os recursos hídricos e a sua utilização para a geração de energia.
- Delimitar as áreas de fragilidade, bem como as potencialidades socioeconômicas que possam vir a ser alavancadas com a implantação dos aproveitamentos hidroelétricos.
- Indicar conflitos frente aos diferentes usos do solo e dos recursos hídricos da bacia.
- Estabelecer as diretrizes e recomendações socioambientais para os Estudos de Viabilidade dos projetos da alternativa selecionada.
- As diretrizes e recomendações devem subsidiar futuramente: (i) estudos ambientais na bacia hidrográfica; (ii) o processo de licenciamento ambiental dos projetos; (iii) eventuais readequações de projetos e programas; (iv) procedimentos associados à expansão da oferta de energia elétrica; e (v) implantação dos aproveitamentos hidroelétricos na bacia, de modo a reduzir riscos e incertezas para o desenvolvimento socioambiental e para o aproveitamento energético da bacia.

6.2 ETAPAS DA AAI

A metodologia originária dos estudos de AAI¹ foi estruturada com as seguintes etapas:

- **Diagnóstico Socioambiental e Potenciais Conflitos** – Tem a finalidade de obter um panorama geral da bacia, de modo a permitir a identificação e espacialização dos elementos socioambientais que mais se destacam na situação atual, bem como suas tendências evolutivas. Os conflitos existentes e potenciais que se agravariam com a implantação dos empreendimentos hidroelétricos devem ser também identificados, bem como os conflitos ou sinergias com políticas, planos e programas previstos para a região.
- **Avaliação Ambiental Distribuída** – Tem o objetivo de subdividir a bacia em áreas que se assemelhem ou se distingam das demais, para permitir a identificação e avaliação dos impactos associados a um ou mais aproveitamentos aí localizados, de modo a obter uma visão do conjunto de efeitos em cada uma delas e dos efeitos que extrapolam seus limites. Para a avaliação dos impactos devem ser utilizados indicadores que permitam sua quantificação ou qualificação nos diferentes cenários temporais. Para cada subdivisão, os indicadores devem ser ponderados de modo a se obter os impactos locais hierarquizados por sua importância. Em seguida, devem ser mapeados, para a identificação das áreas mais sensíveis. Devem ser também identificados os efeitos locais capazes de potencializar efeitos cumulativos e sinérgicos com outras subdivisões.
- **Construção de Cenários** de desenvolvimento socioeconômico, considerando o estágio de conservação dos recursos naturais, em horizontes de médio e longo prazo.
- **Avaliação Ambiental Integrada** – Nesta fase é analisada a interação entre os efeitos dos diferentes empreendimentos hidroelétricos e entre as diferentes variáveis que caracterizam os impactos socioambientais considerados mais significativos, por meio da utilização de indicadores e modelos para a simulação nos cenários estabelecidos. Os indicadores devem permitir a análise dos impactos cumulativos e sinérgicos nos cenários futuros. Como resultado devem ser estabelecidas diretrizes e recomendações.
- **Participação Pública** – Visando o envolvimento do público ao longo do desenvolvimento dos estudos, com participação e retorno dos resultados às partes interessadas, e com a finalidade de coletar subsídios e informações para o desenvolvimento dos estudos, deverão ser realizados seminários para a apresentação, discussão e aporte de contribuições aos resultados parciais e finais da AAI. Os locais dos eventos serão distribuídos espacialmente na bacia, intercalando localidades nas unidades da federação abrangidas pela bacia.

À época da edição deste Manual os estudos de AAI eram instrumentos de aplicação recente no processo de planejamento do setor, tendo sido elaborados pela primeira vez em 2005. Entre 2006 e 2007 foram realizadas seis AAIs. Os procedimentos metodológicos encontravam-se em evolução, em busca de uma consolidação. Para ilustrar tais procedimentos, recomenda-se a leitura do Anexo F, onde é apresentado, a título de exemplo, um resumo de metodologia aplicada em três dos estudos realizados.²

A estrutura metodológica da AAI guarda estreita relação com aquela estabelecida para os estudos socioambientais nas etapas de Estudos Preliminares e Finais, descrita nos capítulos anteriores, tanto em termos de procedimentos quanto de conteúdo e abrangência, mesmo considerando os focos diferenciados dos dois estudos. Nesse sentido, visando compatibilizar os dois estudos, ao longo da metodologia dos estudos socioambientais para a seleção da divisão de queda do inventário foram introduzidos os procedimentos necessários para atender aos requisitos da AAI. A seguir são descritos os procedimentos para consolidar esta compatibilização.

1 Termo de referência para a Avaliação Ambiental Integrada para a bacia do rio Uruguai, MMA, 2005.

2 Metodologia desenvolvida pela EPE/Sondotécnica (2007), para os estudos de AAI das bacias dos rios Paranaíba, Doce e Paraíba do Sul. Outros exemplos de metodologia encontram-se disponíveis no site da EPE (<http://epe.gov.br/Lists/MeioAmbiente/MeioAmbiente.aspx>).

6.3 INTEGRAÇÃO DOS ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS DO INVENTÁRIO E DA AAI

Parte das atividades a serem realizadas para atender aos objetivos da AAI já foi incorporada nas etapas previstas para os estudos ambientais relativos ao Planejamento dos Estudos, aos Estudos Preliminares e aos Estudos Finais, conforme indicado a seguir:

- Planejamento dos Estudos (Capítulo 3): estabelecimento de um canal de comunicação sobre os estudos a serem realizados na bacia com órgãos ambientais e de recursos hídricos para apresentação dos estudos.
- Estudos Preliminares (Capítulo 4): Levantamento de Dados e Estudos Diversos (item 4.1), Diagnóstico Socioambiental (item 4.3) e Avaliação dos Impactos Socioambientais Negativos por Aproveitamento (item 4.8). Ao final desta etapa será realizada uma reunião de caráter técnico convocada pelo MME para a apresentação dos resultados desta etapa (item 2.9).
- Estudos Finais (Capítulo 5): Consolidação do Diagnóstico Socioambiental (item 5.2), Avaliação dos Impactos Socioambientais das Alternativas (item 5.4) e Comparação e Seleção de Alternativas (item 5.8).

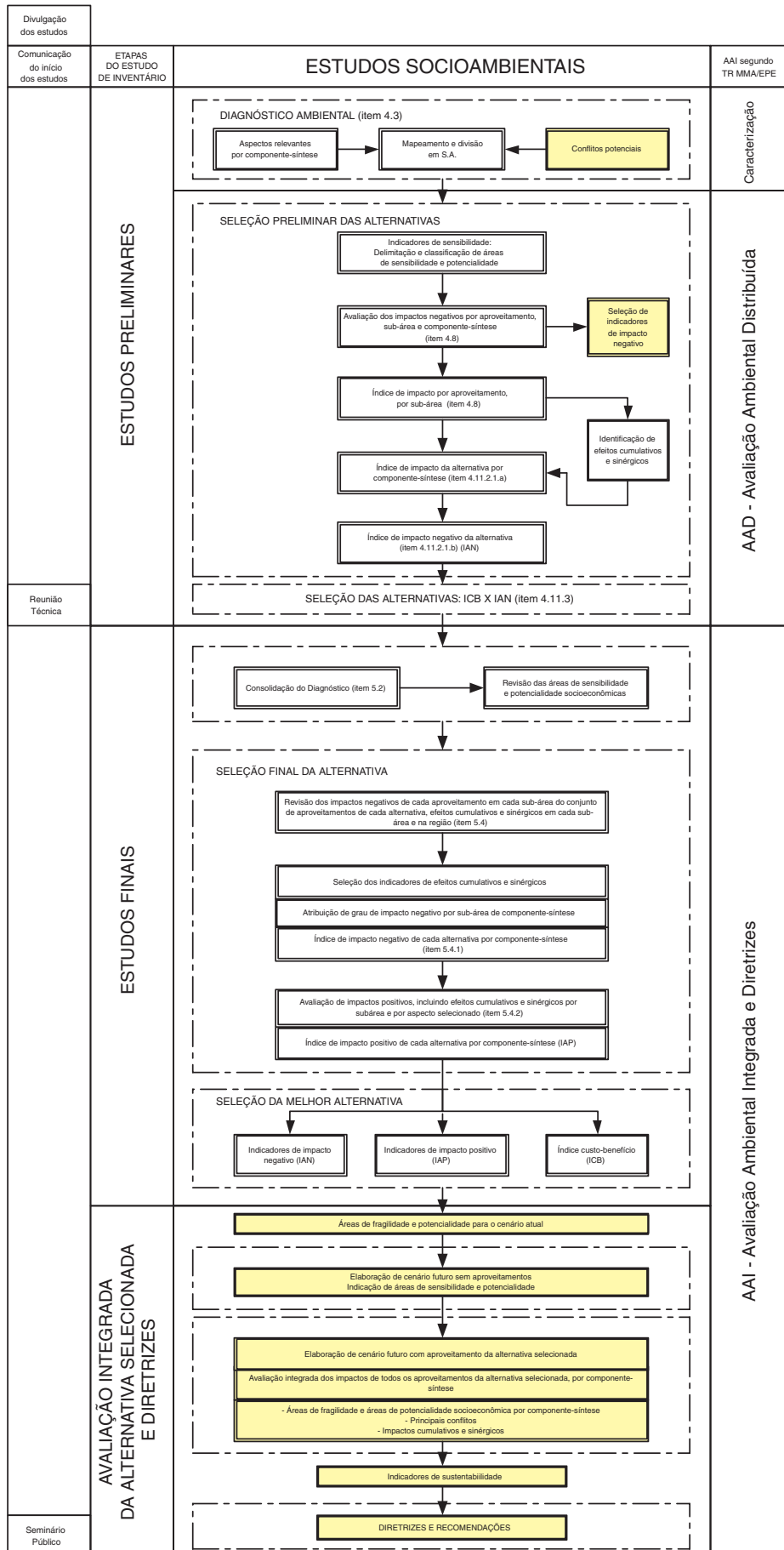
Torna-se necessário, entretanto, a realização de estudos adicionais para completar a avaliação integrada da alternativa selecionada.

O Diagrama da Figura 6.3.01 representa a integração dos estudos socioambientais já realizados nas etapas anteriores com os estudos complementares. As atividades relacionadas aos principais requisitos da AAI estão destacadas.

Conforme já mencionado, a AAI da alternativa selecionada poderá vir a ser utilizada como um documento autônomo do relatório dos Estudos de Inventário. São apresentadas a seguir todas as atividades necessárias para atender a este objetivo, que podem ser divididas em:

- Organização e apresentação das informações relacionadas à alternativa selecionada contidas nos Estudos Preliminares e nos Estudos Finais de acordo com a estrutura da AAI.
- Atividades complementares a serem realizadas para atender ao escopo da AAI.

Figura 6.3.01 – Diagrama da integração dos estudos socioambientais do inventário e da AAI.



6.4 ORGANIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES CONTIDAS NOS ESTUDOS ANTERIORES

6.4.1 Diagnóstico Ambiental e Potenciais Conflitos

A partir dos dados e informações consolidados no Diagnóstico Socioambiental (itens 4.3 e 5.2) deverá ser elaborada uma breve descrição das principais características da bacia hidrográfica e dos indicadores socioambientais mais representativos, destacando as questões socioambientais mais relevantes para cada componente-síntese, os espaços de gestão ambiental e os principais conflitos existentes e potenciais relacionados ao aproveitamento do potencial hidroelétrico. Esta síntese deverá ser ilustrada com mapas relativos a cada componente-síntese e suas respectivas subáreas, devendo ser apresentados os critérios adotados para esta subdivisão e as principais características de cada uma delas.

Devem ser indicados e localizados os conflitos locais e regionais identificados durante o estudo e relacionados aos aproveitamentos e à alternativa, apontando os principais atores sociais envolvidos.

6.4.2 Principais Características da Alternativa de Divisão de Queda Selecionada

Deverá ser apresentada uma breve descrição da alternativa selecionada, acompanhada de um mapa com a localização de todos os seus aproveitamentos. Deverão ser apresentadas as principais características energéticas de cada aproveitamento: potência instalada, níveis da água, volume de regularização e as informações relativas aos outros usos da água.

6.4.3 Avaliação Ambiental Distribuída (AAD)

Áreas de Sensibilidade e de Potencialidade Socioeconômica

Devem ser apresentados os indicadores de sensibilidade ambiental e de potencialidade socioeconômica e as variáveis que os compõem e seus respectivos valores, bem como o mapeamento e classificação das áreas de sensibilidade e de potencialidade nas subáreas de cada componente-síntese.

Principais Impactos dos Aproveitamentos e da Alternativa

Devem ser apresentados os impactos socioambientais negativos relativos a cada aproveitamento em cada componente-síntese por subárea, identificados e avaliados nos Estudos Preliminares (item 4.8) e revisados nos Estudos Finais (item 5.4.1). Os indicadores de impacto utilizados e os índices de impacto atribuídos devem também ser apresentados.

Os principais processos impactantes negativos e positivos da alternativa relativos a cada componente-síntese e por subárea, identificados e avaliados nos Estudos Finais (itens 5.4.1 e 5.4.2), e os efeitos cumulativos e sinérgicos, devem ser apresentados, destacando-se os respectivos indicadores, critérios de avaliação, os índices de impacto ambiental negativo e positivo por alternativa e as ponderações utilizadas para construção destes índices.

6.5 ATIVIDADES COMPLEMENTARES DA AAI

Nos itens a seguir são descritos os procedimentos para o desenvolvimento das atividades complementares.

6.5.1 Áreas de Fragilidades e Potencialidades no Cenário Atual

Devem ser identificadas e mapeadas as “áreas de fragilidade”³ em cada componente-síntese, ou seja, as áreas caracterizadas como “áreas de sensibilidade” onde ocorre a presença de processos impactantes mais significativos relativos aos aproveitamentos da alternativa. As áreas de fragilidade podem ser obtidas pelo cruzamento do mapeamento das áreas de sensibilidade identificadas em cada componente síntese, com a espacialização dos impactos decorrentes do conjunto de aproveitamentos por componente-síntese.⁴ Devem também ser identificadas as áreas de potencialidade socioeconômica.

6.5.2 Elaboração do Cenário de Referência

Para a análise da alternativa selecionada deverá ser elaborado um cenário de desenvolvimento socioeconômico de longo prazo (20 anos) para a região que servirá de referência para as análises, considerando o estágio de conservação dos recursos naturais e sem considerar a exploração do potencial hidroelétrico proposto pela alternativa de divisão de queda selecionada. Nos casos de revisão de inventário, serão considerados somente os empreendimentos que se encontram em operação ou que possuam Outorgas de Concessão ou de Autorização, emitidas pela ANEEL.

Para a construção do cenário de referência, deverão ser feitas projeções de como o conjunto de indicadores relacionados às condições econômicas, sociais e ambientais da área estudada, bem como os aspectos da sua organização institucional, irão mudar no horizonte definido. O cenário deverá ser compatível com aquele utilizado para as projeções dos usos múltiplos da água (item 5.1.3).

As questões socioambientais mais relevantes, bem como os temas considerados prioritários identificados pelos estudos anteriores, suas tendências evolutivas e seu rebatimento espacial deverão subsidiar a identificação e localização das principais pressões do desenvolvimento socioeconômico da bacia: sobre os recursos hídricos e demais recursos naturais; sobre o uso do solo, principalmente nas áreas de sensibilidade e nas áreas de potencialidades, nas áreas com restrição de uso e nos espaços de gestão ambiental; sobre os modos de vida da população e sobre a organização e a dinâmica territorial.

Deverão ser considerados:

- Os indicadores econômicos, sociais, ambientais e culturais que melhor retratem as questões consideradas relevantes para a área de estudo.
- Os cenários de utilização dos recursos hídricos na bacia considerados no item 5.1.3.

3 O termo “fragilidade” toma como base a seguinte definição: “por fragilidade do meio ambiente se entende o grau de suscetibilidade ao dano, ante a incidência de determinadas ações, podendo ser definida também como o inverso da capacidade de absorção de possíveis alterações sem a perda de qualidade” (Angel Ramos, *apud* Iara Verocai, FEEMA/PETROBRAS, 1990).

4 O procedimento para identificação das áreas de fragilidade toma como base a proposição adotada nas AAIs do Rio Doce e do Rio Paranaíba (Sondotécnica, 2007).

- As políticas, planos e programas de desenvolvimento da área de estudo compatíveis com o horizonte de estudo e suas principais interações.
- Os conflitos existentes e potenciais.
- As metas das políticas de governo para o meio ambiente e para os recursos hídricos, para a área social, para o desenvolvimento agrícola e industrial, bem como aquelas relacionadas aos acordos internacionais, aos padrões de qualidade ambiental existentes e àqueles estabelecidos por outros instrumentos, tais como zoneamentos.
- Os riscos e tendências de comprometimento das condições socioeconômicas e ambientais.

Deve ser elaborado um mapa-síntese que represente a situação socioambiental da bacia no horizonte determinado, indicando as áreas de sensibilidade ambiental e de potencialidade socioeconômica sem a presença dos aproveitamentos.

6.5.3 Avaliação Ambiental Integrada dos Efeitos da Implantação de todos os Empreendimentos da Alternativa de Divisão de Queda

Cenário Futuro com toda a Alternativa Implantada

A partir do cenário de referência deve ser elaborado um cenário que assume a hipótese de que todos os empreendimentos que compõem a alternativa selecionada estejam implantados ao fim do horizonte de 20 anos.

Análise Integrada da Alternativa de Divisão de Queda Selecionada

Esta etapa tem como finalidade apresentar os resultados da avaliação dos efeitos da implantação dos empreendimentos que compõem a alternativa selecionada, incluindo os cumulativos e sinérgicos, considerando o cenário futuro de desenvolvimento da região. Devem ser identificados os principais impactos da alternativa sobre os componentes-síntese, bem como aqueles resultantes das interações entre os componentes. Os indicadores de impacto utilizados para a representação de tais processos devem ser apontados. Deverão ser destacados e localizados os processos socioambientais mais relevantes para a bacia neste cenário futuro, enfatizando aqueles que deverão ser considerados na concepção e implantação dos futuros empreendimentos.

Os aspectos mais sensíveis do sistema ambiental e para cada componente-síntese devem ser destacados, sendo retratada sua expressão espacial. Devem ser identificadas e mapeadas as “áreas de fragilidade” em cada componente-síntese, obtidas pelo cruzamento das áreas de sensibilidade identificadas em cada componente síntese, com a espacialização dos impactos decorrentes do conjunto de aproveitamentos por componente-síntese. Devem também ser identificadas as áreas de potencialidade socioeconômica.

Um mapa-síntese representativo da situação da bacia nesse cenário projetado deverá ser elaborado. A análise integrada da alternativa de divisão de queda selecionada deverá destacar:

- As áreas de fragilidade em relação aos impactos mais significativos decorrentes do conjunto dos aproveitamentos hidroelétricos;
- As áreas de potencialidades socioeconômicas.
- As áreas onde são identificados os efeitos cumulativos e sinérgicos mais significativos.
- Os conflitos existentes e potenciais, tais como:
 - Conflitos gerados pela forma de reassentamento de população urbana e rural.
 - Substituição de usos da terra, desarticulação das relações sociais e da base produtiva.

- Especulação imobiliária.
- Interferência sobre o patrimônio arqueológico, histórico e cultural.
- Áreas com conflitos pelo uso da terra.
- Interferência sobre a base de recursos naturais para o desenvolvimento.
- Perda de potencial turístico.
- Perda de recursos naturais (minerais, biodiversidade).
- Conflitos em relação ao uso múltiplo dos recursos hídricos (navegação, geração de energia, captação para abastecimento humano, dessedentação de animais, diluição de efluentes, irrigação e controle de cheias).
- Interferência sobre Terras Indígenas e Unidades de Conservação federais, estaduais e municipais.

6.5.4 Construção dos Indicadores de Sustentabilidade Socioambiental para a Região

A construção de indicadores de sustentabilidade para a bacia é efetuada com a finalidade de estabelecer parâmetros de referência para a formulação das diretrizes e recomendações a serem propostas na AAI.

Os indicadores de sustentabilidade ambiental deverão ser construídos a partir das condições socioambientais configuradas no cenário atual e no cenário prospectivo, sendo representadas pelos indicadores de fragilidade e de potencialidade segundo os componentes-síntese.

Essas condições serão confrontadas com dados e informações presentes em dispositivos legais e normativos referentes à preservação/conservação ambiental, em âmbito federal, estadual e municipal, como por exemplo, zoneamento ecológico-econômico, legislação sobre uso e ocupação do solo, regulamentações sobre unidades de conservação e utilização dos recursos hídricos, planos de bacia e políticas/planos existentes voltados para o desenvolvimento social e econômico da região. Além dessas referências, outras de caráter científico, nacionais e internacionais, sobre sustentabilidade socioambiental e a própria percepção das aspirações da comunidade regional sobre suas condições de vida e sobre a conservação ambiental na área de estudo, deverão se constituir nos elementos de referência para a montagem dos indicadores de sustentabilidade socioambiental para a bacia.

6.5.5 Diretrizes e Recomendações

As análises realizadas deverão oferecer elementos necessários para o estabelecimento de Diretrizes, com os seguintes objetivos:

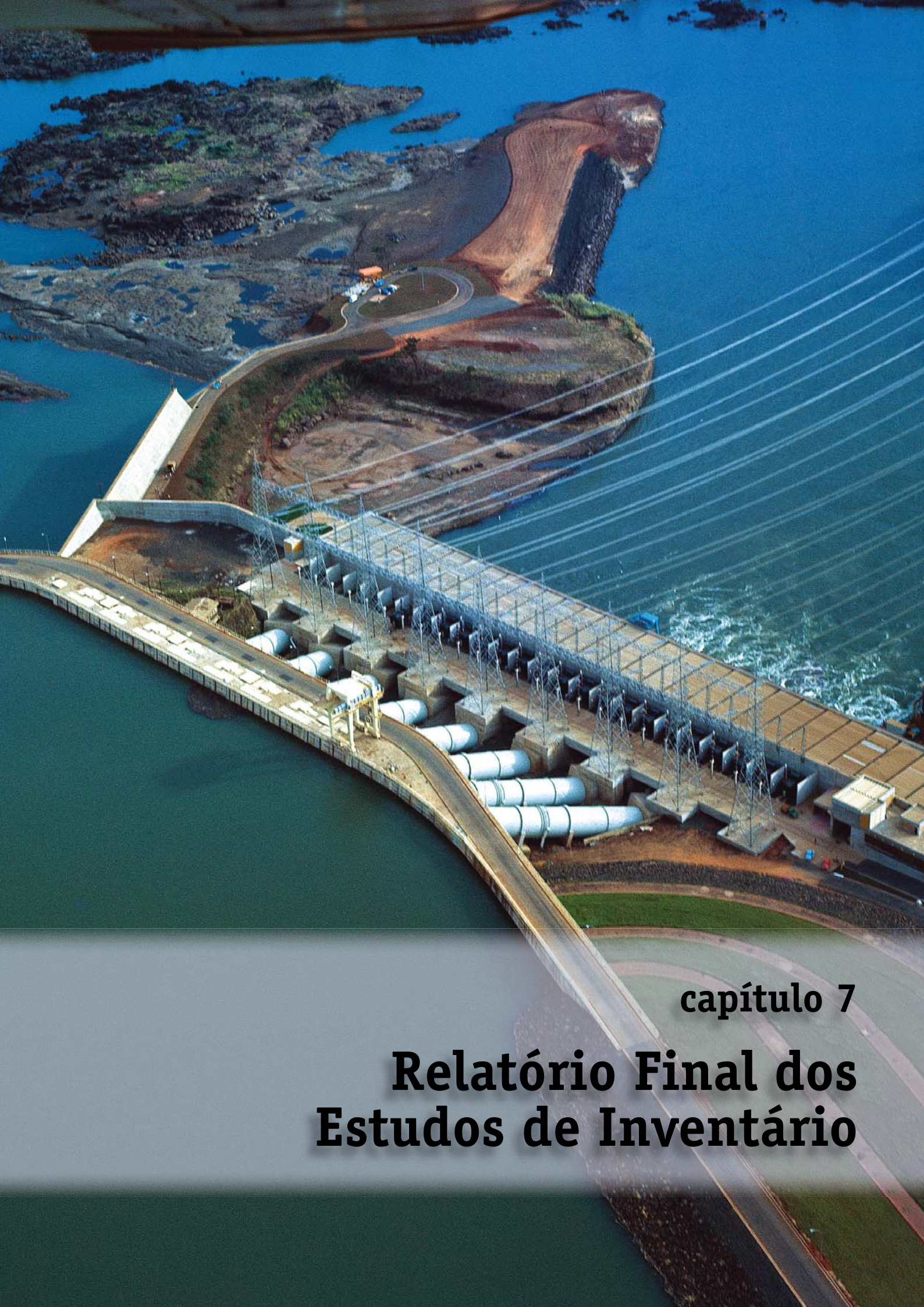
- Subsidiar as avaliações socioambientais dos empreendimentos a serem analisados no âmbito dos Planos Decenais de Energia Elétrica.
- Contribuir para a consolidação de um sistema de informações georreferenciado o qual, ampliado e tornado operacional, poderá se constituir num dos principais instrumentos de planejamento e gestão ambiental da bacia, servindo não apenas aos órgãos ambientais como também e principalmente aos comitês de bacia.
- Contribuir para a concepção e implantação de usinas hidroelétricas, considerando as principais questões apontadas, o uso e ocupação do solo, o desenvolvimento regional, as áreas críticas e as potencialidades.
- Orientar os futuros estudos ambientais de aproveitamentos hidroelétricos e o processo de licenciamento ambiental dos empreendimentos em planejamento/projeto a serem licenciados pelos órgãos ambientais competentes.

Deverão também ser extraídas recomendações para:

- O aprofundamento ou complementação de avaliações realizadas nos estudos de AAI, cujos resultados apresentarem grandes incertezas quanto à confiabilidade e adequação de dados e informações, e para realização de futuros estudos ambientais de interesse do setor elétrico.
- A promoção e desenvolvimento de atividades integradoras na bacia, considerando os múltiplos interesses pelo uso da água e do solo, e os diferentes órgãos públicos e privados ali atuantes.
- Os estudos de viabilidade dos futuros empreendimentos.
- A implantação dos empreendimentos.

6.5.6 Divulgação Final dos Estudos

Ao final dos estudos será realizado um Seminário público, convocado pelo MME, para apresentação dos resultados da divisão de queda selecionada e dos estudos de AAI, suas diretrizes e recomendações.



capítulo 7

Relatório Final dos Estudos de Inventário

CAPÍTULO 7

7.1	ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	610
7.2	RELATÓRIO GERAL	611
7.2.1	Considerações Gerais	611
7.2.2	Introdução	611
7.2.3	Planejamento dos Estudos	612
7.2.4	Estudos Preliminares	612
7.2.5	Estudos Finais	612
7.2.6	Caracterização da Alternativa Seleccionada	614
7.2.7	Avaliação Ambiental Integrada da Alternativa Seleccionada	615
7.2.8	Conclusões e Recomendações	615
7.2.9	Complementos	615
7.2.10	Base de Dados	615
7.3	APÊNDICES	616
7.3.1	Apêndice A – Estudos Topográficos	616
7.3.2	Apêndice B – Estudos Geológicos e Geotécnicos	616
7.3.3	Apêndice C – Estudos Hidrometeorológicos	616
7.3.4	Apêndice D – Estudos Socioambientais	617
7.3.5	Apêndice E – Estudos de Usos Múltiplos da Água	617
7.3.6	Apêndice F – Estudos de Alternativas	617
7.3.7	Apêndice G – Relatório da Avaliação Ambiental Integrada	617
7.3.8	Apêndice H – Organização e Histórico dos Trabalhos	618

O Relatório Final é o documento no qual devem ser apresentados os Estudos Finais do Inventário Hidroelétrico de uma bacia hidrográfica, seus resultados e as recomendações pertinentes à etapa de Viabilidade. Este relatório deve mostrar o potencial energético da bacia; o esquema proposto para sua utilização; a caracterização dos aproveitamentos; as questões socioambientais mais relevantes associadas aos aproveitamentos; os principais pontos destacados na Avaliação Ambiental Integrada, bem como as diretrizes e recomendações socioambientais na implementação dos aproveitamentos e no subsídio dos estudos de viabilidade e no processo de licenciamento. A seguir, estão relacionadas algumas recomendações básicas destinadas a uniformizar a apresentação dos estudos e resultados do Inventário Hidroelétrico.

7.1 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

O Relatório Final do Inventário deve ser composto de um Relatório Geral e Apêndices, contidos no menor número possível de volumes.

O Relatório Geral deve ser organizado, preferencialmente, conforme o sumário mostrado no final deste capítulo. Os apêndices devem conter a descrição dos trabalhos realizados de modo a caracterizar a profundidade e a extensão dos estudos. Dependendo de sua extensão, podem ser organizados e emitidos em volumes separados.

O formato dos volumes deve ser o A4 da ABNT. Os desenhos que não puderem ser apresentados neste formato podem ser executados em A3.

A organização do texto, tanto do Relatório Geral como dos apêndices, deve ser feita segundo as diretrizes da norma NB-69 da ABNT. A sua apresentação deve atender os dispositivos normativos do órgão regulador e deverão ser entregues também em meio digital.

7.2 RELATÓRIO GERAL

7.2.1 Considerações Gerais

O Relatório Geral deve ser capeado por uma carta de apresentação através da qual a entidade executante do estudo submete o Relatório Final à apreciação superior.

Após a carta, deve vir a folha de rosto com, no mínimo, o título do relatório, o nome da entidade executante e a data de emissão.

Em continuação, devem ser apresentados o sumário e as listas de apêndices, quadros e figuras. O sumário deve ser detalhado até o nível de seção secundária. As listas de figuras e tabelas devem ser numeradas de acordo com as seções primárias.

O prefácio corresponde a uma apresentação do trabalho. Como regra, deve ser breve e identificar ou salientar as características principais dos estudos em termos dos resultados obtidos e dos meios empregados na sua realização. Normalmente, são incluídos no prefácio as referências e créditos a pessoas e organizações que, não participando diretamente do trabalho, contribuíram significativamente para a sua realização.

Após o prefácio, deve ser incluído o resumo, contendo um extrato das partes mais importantes de cada capítulo, de modo a propiciar uma visão abrangente dos trabalhos executados e das conclusões alcançadas. O resumo deve se limitar às matérias tratadas no texto e não deve conter outras informações além daquelas ali apresentadas. Desde que significativas, podem ser incluídas no resumo algumas ilustrações esquemáticas ou tabelas sintéticas. Necessariamente, deve ser apresentada nessa parte uma síntese da tabela-resumo dos Estudos Finais do Inventário.

É conveniente começar o resumo com uma descrição sumária dos objetivos do trabalho, da localização da bacia, do valor do potencial inventariado, do número de aproveitamentos identificados nos Estudos Finais, do custo total estimado da alternativa selecionada e dos custos unitários correspondentes, além das informações relativas aos estudos socioambientais e outras informações pertinentes.

Os dados coletados, analisados e processados devem ser descritos no Relatório Geral ou nos Apêndices específicos. Para possibilitar a futura utilização dessa informação, a mesma deve ser apresentada em meio digital. Os formatos dos arquivos digitais que conterão os dados utilizados e os resultados alcançados devem ser obtidos junto ao poder concedente, de forma a facilitar a importação dessas informações para o banco de dados que armazenará as informações dos Estudos de Inventário, sob a responsabilidade do poder concedente. Nesse conjunto de informações estão incluídos os mapas e as informações georreferenciadas utilizadas ou criadas no Estudo de Inventário.

7.2.2 Introdução

A introdução compreende as seguintes seções:

- Objetivo dos estudos.
- Caracterização da área estudada.
- Estudos anteriores.
- Critérios básicos.

Na definição do objetivo dos estudos, devem ser apresentadas as razões que levaram a sua execução e justificado o alcance dos trabalhos realizados em cada um dos rios principais e seus afluentes. Nessa seção, devem ser também citadas as recomendações da fase de estudos preliminares e como as mesmas foram levadas em consideração nos Estudos Finais de Inventário.

A caracterização da área estudada deve ser feita em termos de localização, fisiografia, organização político-administrativa, ocupação humana e atividade econômica, atual e potencial, e questões socioambientais mais relevantes. Apresentaremos, nessa seção, mapas e gráficos que ilustrem os textos correspondentes.

Os estudos anteriores executados na bacia e em áreas contíguas devem ser descritos criticamente, indicando os resultados alcançados, os critérios básicos e as metodologias utilizadas.

Finalmente, devem ser relacionados, com justificativas, os critérios básicos selecionados para a execução do Inventário. Esses critérios correspondem aos parâmetros de natureza energética, econômica, de usos múltiplos da água e socioambientais utilizados para definição, comparação e seleção das alternativas de divisão de queda. Eventuais variações relativas à metodologia definida neste Manual de Inventário adotadas nos estudos têm que obrigatoriamente ser justificadas e descritas.

7.2.3 Planejamento dos Estudos

Essa seção deve apresentar o resumo do relatório de “Planejamento dos Estudos”, conforme os subitens sugeridos na Organização do Relatório Final, apresentada ao final deste capítulo.

Os dados básicos, coletados, analisados e processados, ao longo desta e das sucessivas etapas do Estudo de Inventário, poderão ser apresentados de uma só vez, no item 4.2 do Relatório Final. Devem incluir um resumo dos contatos estabelecidos com órgãos ambientais e de recursos hídricos para a comunicação sobre os estudos a serem realizados.

7.2.4 Estudos Preliminares

Os estudos desenvolvidos nessa etapa deverão ser descritos sucintamente, de acordo com a itemização proposta. Deve ser incluído um resumo sobre as questões que se destacaram na reunião técnica realizada ao final desta etapa.

Da mesma forma sugerida no item anterior, para fins de facilitar a exposição e o entendimento dos assuntos, evitando repetições parciais, todos os dados coletados, estudos e análises iniciados nesta etapa e aprofundados nos Estudos Finais deverão ser apresentados, detalhados ou resumidos e remetidos para os Apêndices correspondentes, e para o Capítulo 4, Estudos Finais.

7.2.5 Estudos Finais

Essa seção apresenta os resultados consolidados dos estudos realizados, que devem ser descritos conforme a itemização sugerida, destacando-se os cuidados explicitados a seguir:

Estudos Cartográficos

Descrição dos reconhecimentos aéreos e terrestres, dos trabalhos de topografia e aerofotogrametria e de outros levantamentos realizados para a determinação de parâmetros cartográficos, conforme os proce-

dimentos indicados no escopo deste Manual. O grau de conhecimento cartográfico alcançado no final dos estudos deve ser ilustrado por meio de mapa. Caso necessário, os estudos devem ser apresentados em detalhe no Apêndice correspondente.

Estudos Geológicos e Geotécnicos

Descrição dos estudos realizados para o conhecimento da geologia geral da bacia e da geologia dos reservatórios e locais de barramento. Devem ser incluídos nessa parte o mapa geológico geral da bacia e uma seção transversal esquemática de cada local, com indicação das principais características litológicas e estratigráficas identificadas.

Estudos Hidrometeorológicos

Descrição das análises de consistência dos dados hidrometeorológicos e demais estudos realizados para a determinação dos parâmetros hidrológicos utilizados no Inventário e das investigações e estudos executados relativos à climatologia, à sedimentometria e à qualidade da água. Devem ser incluídos, nessa seção, desenhos que caracterizem sucintamente as informações básicas de natureza hidrológica e climatológica, como mapas de isoietas, áreas de drenagem e hidrogramas em postos chaves, mapas de regionalização de características hidrológicas, como vazões mínimas e médias de longo termo e do período crítico do sistema, cheias de desvio e de projeto de vertedouros e taxas de transporte sólido, dentre outras. A rede fluviométrica básica e as equações de transferência da informação fluviométrica, em termos de séries de vazões e demais características hidrológicas citadas, das estações para os locais de aproveitamento, devem ser claramente apresentadas. Os detalhes dos estudos devem ser apresentados no Apêndice correspondente.

Estudos Socioambientais

Descrição das investigações e dos estudos realizados para o conhecimento do sistema ambiental, representado pelos ecossistemas aquáticos e terrestres, modos de vida, organização territorial, base econômica e população indígena; preparação do diagnóstico socioambiental e divisão das subáreas; avaliação dos impactos e índices ambientais negativos e positivos das alternativas e ponderações utilizadas. Devem ser incluídos nessa seção os mapas dos componentes-síntese com divisão de subáreas e apresentação das áreas de sensibilidade e potencialidade. A avaliação ambiental das alternativas estudadas e dos aproveitamentos da alternativa selecionada deve ser apresentada de forma clara, remetendo, para o Apêndice correspondente, os detalhes e demais estudos realizados.

Usos Múltiplos da Água

Será apresentado o diagnóstico dos usos múltiplos da água na bacia, realizado nos Estudos Preliminares e consolidado nos Estudos Finais, de forma a embasar os cenários de usos múltiplos da água construídos para serem adotados nos Estudos Finais. As fontes utilizadas para a construção desses cenários devem ser citadas e justificadas. As metodologias adotadas para a construção, ou compatibilização (quando estes forem baseados em planos setoriais) dos cenários de usos múltiplos da água também devem ser descritas detalhadamente.

Estudos de Alternativas

Essa seção descreve as alternativas selecionadas nos Estudos Preliminares e nos Estudos Finais de Inventário executados com base nessas alternativas e em variantes delas decorrentes. As alternativas estudadas nos Estudos Preliminares devem ser descritas resumidamente. Deverão também ser descritas as variantes resultantes de novos dados e ajustes correspondentes. Análise das conclusões alcançadas, definição das alternativas consideradas nos Estudos Finais de Inventário, das reformulações e dos trabalhos adicionais executados.

Para os estudos energéticos, deverão se apresentadas e justificadas todas as simplificações, por ventura, adotadas. No caso da não utilização do sistema SINV, o modelo matemático de simulação do sistema

de usinas adotado deve ser justificado. Apresentação de um quadro-resumo de cada alternativa com indicação das respectivas contribuições de energia firme ao sistema de referência e a correspondente potência instalada. No quadro resumo das alternativas deve constar a descrição dos aproveitamentos que a compõem, seu dimensionamento energético (volume útil, queda de referência, potência instalada etc.) e seu índice custo/benefício energético.

Nos estudos socioambientais, deve constar descrição sucinta, remetendo os detalhes para o Apêndice correspondente, da avaliação dos impactos socioambientais negativos e positivos das alternativas (item 5.4), destacando os impactos cumulativos e sinérgicos.

Para os itens Arranjos Finais e Dimensionamento e Estimativa de Custos, descrição da metodologia de dimensionamento de obras e equipamentos quando adotados procedimentos distintos dos indicados por este Manual, os princípios gerais de concepção dos arranjos das estruturas dos aproveitamentos e da determinação de quantidades e custos, com referência específica a variações eventualmente introduzidas nos critérios e instruções definidos neste Manual de Inventário.

Finalmente, deve ser apresentado um quadro-resumo geral de cada alternativa com os aproveitamentos considerados, indicando, para cada um deles, a localização, a queda bruta máxima, o volume útil do reservatório, a potência de referência e a estimativa de custos, na forma do OPE (itens 5.5 a 5.7), e seus principais impactos socioambientais.

Comparação e Seleção de Alternativas

Nessa seção, devem ser descritas as análises comparativas das alternativas, do ponto de vista energético-econômico e socioambiental, conforme item 5.8 deste Manual. Deve-se apresentar um quadro resumo, contendo para cada alternativa, o índice custo/benefício energético, o índice impacto socioambiental negativo, o índice de preferência, o índice de impacto socioambiental positivo e, finalmente, o índice de preferência modificado. Neste quadro devem ser especificados os pesos utilizados para o cálculo dos índices de preferência e preferência modificado.

Deve também ser apresentada uma análise de sensibilidade dos pesos utilizados para o cálculo dos índices de preferência e preferência modificado.

7.2.6 Caracterização da Alternativa Selecionada

Nessa seção, devem ser descritos os estudos relativos à alternativa selecionada, incluindo, além de ajustes e refinamentos nos aproveitamentos correspondentes, a caracterização de casos especiais, tais como aproveitamentos de finalidades múltiplas, instalações de acumulação bombeada e outras identificadas no inventário. Será apresentado o resultado final dos Estudos de Inventário, consubstanciado na alternativa selecionada, depois de ajustada, a qual representa o esquema de divisão de queda de maiores méritos.

Será descrito globalmente o esquema proposto em termos energéticos, geográficos e socioambientais. Devem ser apresentados os principais processos impactantes negativos e positivos da alternativa, destacando os efeitos cumulativos e sinérgicos.

No final da seção, será apresentado um mapa-chave com a localização dos aproveitamentos, desenhos dos perfis longitudinais dos rios com indicação dos níveis d'água máximos normais dos reservatórios e desenhos mostrando as áreas de desapropriação e as interferências principais da alternativa, apontando as áreas de fragilidade e de potencialidade no cenário atual.

Caracterização dos Aproveitamentos

Essa seção deve caracterizar cada aproveitamento do esquema proposto através de um resumo descritivo e um desenho contendo o mapa de localização do aproveitamento, uma planta geral, seções longitudi-

nais pela tomada d'água, casa de força, vertedouro e obras de desvio, seções transversais pela barragem e condutos de adução, as curvas cota x área e cota x volume do reservatório e a curva-chave do canal de fuga. Para estas três curvas devem ser apresentadas listas dos pontos medidos que serviram de base para o traçado. Deve ser apresentada também uma tabela de vazões médias mensais em cada local.

Além disso, deve ser preparada, para cada aproveitamento, a Ficha Técnica do Aproveitamento apresentada no Anexo E, para importação destas informações para o banco de dados, de responsabilidade do poder concedente.

7.2.7 Avaliação Ambiental Integrada da Alternativa Selecionada

Inicialmente, deve ser apresentado em resumo o cenário de desenvolvimento socioeconômico de longo prazo elaborado para a região, considerando o estágio de conservação dos recursos naturais e sem considerar a exploração do potencial hidroelétrico proposto pela alternativa.

Em seguida, deve ser apresentado o cenário de longo prazo que contempla todos os empreendimentos que compõem a alternativa selecionada implantados, apontando os principais efeitos desta implantação, incluindo os cumulativos e sinérgicos. Deverão ser destacados e localizados os processos socioambientais mais relevantes e os conflitos mais significativos para a bacia neste cenário futuro, enfatizando aqueles que deverão ser considerados na concepção e implantação dos futuros empreendimentos. Devem ser identificadas e mapeadas as “áreas de fragilidade” e de “potencialidade socioeconômica”.

Devem ser apresentados os indicadores de sustentabilidade socioambiental da bacia, que serviram de referência para a formulação das Diretrizes e Recomendações.

7.2.8 Conclusões e Recomendações

Além de uma apreciação geral sobre o resultado dos estudos, essa seção deve conter as recomendações para a fase de Viabilidade, com sugestões específicas sobre estudos e levantamentos adicionais. Devem ser apresentadas as Diretrizes e Recomendações para o planejamento do setor elétrico, para a concepção, implantação e gestão socioambiental dos aproveitamentos e para o licenciamento ambiental dos futuros projetos, estabelecidas na AAI.

7.2.9 Complementos

Adicionalmente às seções principais do Relatório Geral, já descritas, devem ser apresentadas no final:

- Relação dos principais termos empregados e suas definições.
- Lista de abreviaturas e símbolos utilizados nos textos e desenhos.

7.2.10 Base de Dados

Adicionalmente todas as informações levantadas e utilizadas, e geradas nos Estudos de Inventário citadas nos itens anteriores para serem apresentadas em tabelas e mapas, devem ser fornecidas em meio magnético, em formato especificado pelo poder concedente. Em relação aos mapas e informações georreferenciadas estes devem ser fornecidos em arquivos compatíveis com o uso de sistemas de Geoprocessamento. As diretrizes quanto a forma de arquivos a serem disponibilizados também devem ser obtidas junto ao poder concedente.

7.3 APÊNDICES

Os apêndices do Relatório Geral devem conter os detalhamentos dos levantamentos e estudos executados, além de registrar ordenadamente os dados básicos coletados, de forma a permitir um entendimento completo e mais profundo desse documento.

O número de apêndices depende das características do trabalho realizado, porém, necessariamente, devem ser preparados os seguintes:

- Apêndice A – Estudos Topográficos
- Apêndice B – Estudos Geológicos e Geotécnicos
- Apêndice C – Estudos Hidrometeorológicos
- Apêndice D – Estudos Socioambientais
- Apêndice E – Estudos de Usos Múltiplos da Água
- Apêndice F – Estudos de Alternativas
- Apêndice G – Relatório da Avaliação Ambiental Integrada
- Apêndice H – Organização e Histórico dos Trabalhos

7.3.1 Apêndice A – Estudos Topográficos

Esse apêndice deve relacionar os dados e descrever os levantamentos topográficos da bacia hidrográfica, dos reservatórios e dos locais de barramento, utilizados nos Estudos de Inventário.

As informações e dados obtidos devem ser descritos criticamente, com indicação de suas características técnicas, da metodologia utilizada no levantamento e das datas de realização. Devem ser preparados mapas indicando as áreas cobertas por levantamentos aerofotogramétricos, redes de triangulação e nivelamento. Os marcos topográficos principais devem ser relacionados, com indicação da altitude, coordenadas geográficas, se disponíveis, e instruções para sua localização futura.

7.3.2 Apêndice B – Estudos Geológicos e Geotécnicos

Esse apêndice deve relacionar os dados e descrever as investigações geológicas e geotécnicas realizadas na bacia hidrográfica, nos reservatórios e nos locais de barramento.

Devem ser descritos, dentre outros, os trabalhos de fotointerpretação geológica e os de prospecções superficiais e de subsuperfície e os ensaios locais e de laboratório efetuados.

7.3.3 Apêndice C – Estudos Hidrometeorológicos

Esse apêndice deve relacionar os dados hidrológicos e climatológicos primários da bacia hidrográfica e as análises e estudos efetuados.

7.3.4 Apêndice D – Estudos Socioambientais

Esse apêndice deve relacionar os dados e descrever os levantamentos e estudos efetuados relativos ao diagnóstico socioambiental da bacia, as avaliações de impacto realizadas e os resultados alcançados e seu grau de interferência com a alternativa proposta.

7.3.5 Apêndice E – Estudos de Usos Múltiplos da Água

Este apêndice deve relacionar e descrever criticamente os estudos sobre a utilização da água para os diversos usos existentes na bacia, tanto os executados por terceiros como aqueles elaborados durante o Inventário para a elaboração do diagnóstico, assim como, para a construção dos cenários de usos múltiplos da água.

7.3.6 Apêndice F – Estudos de Alternativas

Nesse apêndice, devem ser descritos detalhadamente os estudos e análises relacionados à formulação, à avaliação, à comparação e à seleção de alternativas.

Com o objetivo de tornar mais abrangente o Relatório Final do Inventário, devem ser descritos, resumidamente, os Estudos Preliminares referentes à seleção de alternativas. Neste particular, devem ser descritas as alternativas consideradas e as razões que levaram à seleção preliminar de locais. O dimensionamento energético deve ser relatado com detalhe suficiente para permitir a compreensão dos resultados. Na avaliação de quantidades e custos devem ser indicadas, para cada alternativa, as características principais das estruturas consideradas. A seleção de alternativas para os Estudos Finais de Inventário deve ser ilustrada por meio de tabelas que possibilitem o entendimento dos motivos da escolha.

Com relação aos Estudos Finais de Inventário, devem ser indicados os modelos matemáticos usados quando os modelos recomendados nesse Manual não tiverem sido adotados e explicitados os parâmetros e critérios utilizados. Na avaliação de quantidades e custos, devem ser mencionadas as características principais das estruturas consideradas e um resumo de seus custos. As comparações de alternativas devem ser detalhadas com indicação explícita dos valores dos índices custo/benefício e socioambientais negativos e positivos correspondentes, assim como dos pesos utilizados nos cálculos dos índices de preferência e preferência modificado.

7.3.7 Apêndice G – Relatório da Avaliação Ambiental Integrada

Esse apêndice deve apresentar a consolidação dos estudos socioambientais relativos à alternativa de divisão de queda selecionada, de modo a permitir que tais estudos realizados no âmbito deste Manual possam ser transformados em um documento autônomo com a finalidade de prover informações aos órgãos ambientais para o futuro licenciamento dos projetos.

Nesse sentido este apêndice deve ter a seguinte estrutura:

1. **Resumo dos Estudos para Seleção das Alternativas**

Neste item, devem ser detalhadas as comparações de alternativas dos Estudos Finais, com indicação explícita dos valores dos índices custo/benefício e socioambientais negativos e positivos correspondentes, assim como dos pesos utilizados nos cálculos dos índices de preferência e preferência modificado.

- 2. Descrição das Principais Características da Alternativa de Divisão de Queda Seleccionada**
- 3. Diagnóstico Socioambiental e Potenciais Conflitos**
 - 3.1. Elementos de Caracterização
 - 3.2. Identificação de Conflitos Existentes e Potenciais
 - 3.3. Aspectos Relevantes
 - 3.4. Indicadores de Sensibilidade
 - 3.5. Indicadores de Potencialidades Socioeconômicas
- 4. Avaliação Ambiental Distribuída**
 - 4.1. Mapeamento dos Indicadores de Sensibilidade e Potencialidade
 - 4.2. Seleção e Dimensionamento de Indicadores de Impacto Portadores de Efeitos Cumulativos e Sinérgicos
 - 4.3. Avaliação dos Efeitos Cumulativos e Sinérgicos da Alternativa por Componentes-síntese e por Subáreas
- 5. Análise Ambiental Integrada da Alternativa Seleccionada**
 - 5.1. Cenário de Referência
 - 5.1.1. Premissas básicas e modelos
 - 5.1.2. Cenário de referência sem a alternativa implantada – áreas de sensibilidades e potencialidades
 - 5.1.3. Cenário de referência com a alternativa implantada
 - 5.1.3.1. Áreas de fragilidades e potencialidades por componente-síntese e por aproveitamento
 - 5.1.3.2. Áreas de potencialidades socioeconômicas por aproveitamento
 - 5.2. Construção dos Indicadores de Sustentabilidade Socioambiental para a Região
 - 5.3. Diretrizes e Recomendações
- 6. Divulgação Final dos Estudos**

7.3.8 Apêndice H – Organização e Histórico dos Trabalhos

Esse apêndice deve incluir os dados relativos à organização operacional e execução dos trabalhos de inventário.

Deve ser mostrado o organograma operacional da equipe, citados os convênios complementares assinados com terceiros e elaborado um breve relato histórico dos eventos principais dos trabalhos.

Deve ser mostrado o cronograma de execução dos trabalhos, indicado o número máximo de pessoas alocadas ao estudo e a quantidade de homens-hora utilizada na sua realização.

Devem, também, ser descritos os equipamentos e materiais utilizados nos trabalhos e o apoio logístico empregado, além dos trabalhos especiais contratados com empresas e/ou consultores independentes.

Finalmente, deve ser relatado o desempenho econômico-financeiro da operação completa dos Estudos de Inventário.



capítulo 1
Apêndice I

APÊNDICE I

1	APRESENTAÇÃO	621
2	A HIDROELETRICIDADE NO MUNDO	621
3	A HIDROELETRICIDADE NO BRASIL	631
4	OS EMPREENDIMENTOS HIDROELÉTRICOS NO CONTEXTO DO MODELO INSTITUCIONAL DO SETOR ELÉTRICO	639
5	ORGANIZAÇÃO INSTITUCIONAL	641
6	A LEGISLAÇÃO REFERENTE AO APROVEITAMENTO DE POTENCIAIS HIDROELÉTRICOS	644

APÊNDICE I

PANORAMA INTERNACIONAL E NACIONAL DA HIDROELETRICIDADE E O CONTEXTO INSTITUCIONAL DOS ESTUDOS DE INVENTÁRIO HIDROELÉTRICO NO BRASIL

1 Apresentação

A água é um bem essencial à vida humana, cabendo à União o seu gerenciamento visando proporcionar à população da nação os benefícios relacionados com o consumo humano, animal, na produção de alimentos, energia e demais usos.

A utilização da energia hidráulica para a geração de energia elétrica é um dos usos possíveis da água. Outros usos tais como o consumo humano e a produção de alimentos, em algumas situações, podem apresentar maiores benefícios para a sociedade. Neste sentido, o aproveitamento do recurso hídrico deve considerar os seus usos múltiplos.

O Brasil vem aproveitando seu potencial hidroelétrico de maneira a tornar o País auto-suficiente em energia elétrica, com base numa fonte renovável, de baixo custo e com tecnologia nacional.

Por ser um dos usuários da água, o setor de energia elétrica também tem a responsabilidade e o dever de planejar a utilização deste recurso como insumo para a produção de eletricidade de forma racional, otimizada e colocando-se no contexto dos demais usuários do mesmo.

Este fator remete, atualmente, a um arcabouço legal e institucional que abrange diferentes órgãos governamentais e permite a participação de diversos agentes.

Este Apêndice do Capítulo 1, do Manual de Inventário, pretende apresentar um quadro da situação internacional e nacional quanto aos problemas e potencialidades da hidroeletricidade e um panorama do contexto institucional em que se insere a elaboração dos estudos de inventário hidroelétrico no Brasil. Quando pertinente, apresenta-se também os aspectos de inter-relacionamento entre as instituições e os processos e procedimentos legais necessários à consecução do objetivo de geração da hidroeletricidade nessa etapa de planejamento.

2 A Hidroeletricidade no Mundo

2.1 Introdução

O Manual de Inventário fornece orientações para estudos ligados a um cenário ainda por construir quando ainda se examinam estratégias de longo prazo para o País. Nesse horizonte de tempo, outras alternativas energéticas concorrem com a opção hidroelétrica. Sendo assim, é inevitável e até conveniente analisar a produção de eletricidade por usinas hidroelétricas sob um ponto de vista geopolítico, estratégico e global, onde a questão socioambiental se torna cada dia mais importante e determinante.

A expansão da geração de energia lida com um permanente paradoxo da sociedade, que, por um lado, deseja mais energia para o desenvolvimento e conforto e por outro, questiona suas formas de produ-

ção, principalmente no que diz respeito às interferências no ambiente e aos potenciais outros usos dos recursos naturais. O planejamento bem elaborado, a transparência e a democratização dos processos de decisão são os únicos mecanismos capazes de promover as soluções destes conflitos. Nesse sentido, a fase de inventário dos potenciais hidroelétricos assume enorme importância, pois é nessa etapa e com essa antecedência que se pode vislumbrar tanto as potencialidades como os impactos do aproveitamento de um rio ou de uma bacia hidrográfica.

No mundo, o momento atual é particularmente instigante, pois apresenta dois desafios de extrema gravidade:

- Dúvidas quanto ao horizonte de duração das reservas mundiais de petróleo.
- Alterações ambientais em escala planetária.

Sob essa perspectiva, as chamadas energias renováveis passaram a merecer maior atenção internacional. O cenário do planeta está sob tal ponto de inflexão, que, mesmo a energia nuclear, tão rejeitada na última década, passa a ser considerada uma alternativa viável por não contribuir para o efeito estufa. Políticas de conservação e aumento da eficiência dos equipamentos de produção e usuários de energia certamente farão parte de alternativas de políticas públicas no futuro. Portanto, mais do que nunca, a competição entre fontes energéticas, deve ser analisada sob esses paradigmas, o da eficiência energética e da preservação dos recursos naturais.

Obviamente, todas as formas de produção de energia afetam de algum modo, em diferentes graus o meio ambiente, pois, todas advêm da transformação dos recursos naturais. As chamadas energias renováveis podem também causar problemas.¹

Parece claro que a questão não se resolve pela escolha da forma de menor impacto, mas sim pelo balanço entre os efeitos positivos e negativos de cada caso. Entretanto, nesse processo de análise, é cada vez mais relevante o aspecto do desenvolvimento regional do aproveitamento energético, já que a utilização de determinadas fontes afeta um determinado espaço, mas seu benefício é auferido por outras regiões, geralmente distantes da origem dessa energia.

Nesse sentido, uma usina pode chegar a ser encarada como um “enclave” de uma realidade econômica sobre outra, geralmente agravando as diferenças já existentes.

Considerando este contexto, a “International Hydropower Association” publicou em 2004 o documento “Sustainability Guidelines” com o propósito de estabelecer recomendações no sentido de promover a consideração de aspectos sociais e ambientais além da visão puramente econômica da sustentabilidade dos projetos hidroelétricos, considerando essa já contemplada formalmente pelo Manual de Inventários desde a versão de 1997. Nesse sentido, apóia o conceito de eco eficiência, que se baseia em três princípios:

- Redução do consumo de recursos naturais.
- Redução da interferência na natureza
- Aumento dos benefícios dos projetos, considerando uma visão de usos múltiplos.

Focando sua atenção sobre o processo de decisão e os critérios de comparação entre opções energéticas, a IHA apresenta critérios chaves nessa avaliação:

¹ Por exemplo, a energia eólica, frequentemente classificada como limpa, causa problemas de ocupação extensiva de terras, ruído e pode ser uma ameaça à vida de aves silvestres. A energia solar, apesar de não poluir na fase de operação, utiliza células fotovoltaicas cuja fabricação envolve a produção de materiais perigosos tais como o arsênico, cádmio ou silício inerte. A queima de biomassa, apesar da absorção do CO₂ emitido pelo replantio, polui a atmosfera com particulados. A biomassa também estaria associada à necessidade de extensas áreas voltadas para o cultivo de energéticos podendo deslocar o plantio de outras culturas voltadas ao consumo humano.

- Promover a eficiência energética, pelo lado da demanda, encarando essa opção como equivalente ao aumento da produção de energia.
- Analisar as opções de expansão da geração de energia, considerando os seguintes aspectos:
 - Disponibilidade do recurso, dado o esgotamento de algumas fontes primárias.
 - Retorno energético
 - Período de vida útil.
 - Eficiência e estado da arte de sua tecnologia.
 - Múltiplos usos e benefícios.
 - Criação de empregos e benefícios à comunidade local.
 - Impacto de emissão de carbono.
 - Área afetada.
 - Resíduos produzidos.

Evidentemente, com esses critérios em mente, os projetos hidroelétricos devem evitar afetar grupos sociais vulneráveis e priorizar:
- A recuperação tecnológica dos projetos existentes.
- Os usos múltiplos.
- As bacias já exploradas.
- Os de menor índice área/energia.
- Os que evitem ou minimizem o deslocamento de populações.
- Os com os menores impactos sobre espécies ameaçadas.
- Os que beneficiem as populações locais, inclusive as à jusante.

2.2 A Questão das Barragens no Mundo

2.2.1 As dimensões e a quantidade de barragens

A Tabela 2.2.1.01 apresenta como se divide o número de barragens no mundo independente da função e do porte. Como se pode notar, uma simples contagem fornece uma impressão distorcida da questão da energia, pois, com apenas 1% do total, o Brasil produz praticamente 12% da hidroeletricidade do planeta. De qualquer modo, é importante notar a concentração de mais de 75% das barragens em apenas quatro países, mostrando que nem todos os problemas envolvendo os reservatórios estão ligados à produção de energia.

O Relatório da Comissão Mundial de Barragens (WCD 2000) procurou estabelecer algumas recomendações a partir de uma ampla análise da experiência na utilização de barragens em geral no mundo. Um exemplo das recomendações do relatório pode ser observado no texto a seguir:

“Nos primeiros estágios deste processo, as discussões e controvérsias enfocavam barragens específicas e seus impactos locais. Mas gradualmente esses conflitos de âmbito local evoluíram para uma discussão mais geral que culminou em um debate de proporções globais sobre as barragens”.

A ICOLD (Comissão Internacional sobre Grandes Barragens) considera uma grande barragem aquela que tem altura igual ou superior a 15m (contados do ponto mais baixo da fundação). Caso a barragem tenha entre 5m e 15m de altura e seu reservatório uma capacidade superior a 3 milhões de m³, também será classificada como grande. Tomando por base esta definição, existem atualmente mais de 45.000 grandes barragens em todo o mundo.

Metade das grandes barragens do mundo foi construída exclusivamente para irrigação e estima-se que as barragens contribuam com 12% a 16% da produção mundial de alimentos. Além disso, em pelo

menos 75 países, grandes barragens foram construídas para controlar inundações e em muitas nações, as barragens continuam como os maiores projetos individuais em termos de investimento.

Os serviços de fornecimento de água potável, geração de energia hidroelétrica, irrigação e controle de inundações eram vistos, em geral, como suficientes para justificar estes investimentos vultosos nas barragens. Outros benefícios também costumavam ser citados, entre os quais a prosperidade econômica regional decorrente das múltiplas safras, a eletrificação rural e a expansão da infra-estrutura física e social como, por exemplo, estradas e escolas. Os benefícios eram considerados axiomáticos. Quando comparados com os custos de construção e operação – tanto em termos econômicos quanto financeiros – os benefícios pareciam justificar plenamente a construção de barragens como a opção mais competitiva.

Entretanto, recentemente, o questionamento à construção desses empreendimentos aumentou consideravelmente, fazendo com que os níveis de exigência sobre os projetos sejam crescentes.

Tabela 2.2.1.01 – Número de barragens no mundo, por país (1994).

China	46%
Estados Unidos	14%
Índia	9%
Japão	6%
Espanha	3%
Demais:	23%
Outros	16%
Canadá	2%
Coréia do Sul	2%
Turquia	1%
Brasil	1%
França	1%
Total	100%

Fonte: World Resources Institute – Eathrends Environmental information
http://earthtrends.wri.org/maps_spatial/index.php?theme=2

Segundo o World Research Institute (www.eathrends.org) as 306 grandes barragens² estão distribuídas pelas bacias hidrográficas do planeta como mostra o mapa da Figura 2.2.1.01. Além disso, segundo esse estudo, os rios estão fragmentados por centenas de barragens com altura acima de 15m e milhares de pequenas barragens (altura <15m). Segundo esse estudo, existem 40.000 barragens com altura acima de 15m e até 800.000 com altura menor.

As barragens podem ser analisadas como indicadores do grau de modificação dos rios, ocasionados por seu barramento. Das 106 bacias, no mundo, analisadas no relatório 46% foram modificadas por pelo menos uma grande barragem. (Somente a bacia do Paraná tem 14 grandes barragens.) Em 1994, 56 novas grandes barragens estavam planejadas ou em construção.

Os 56 projetos de novas barragens, compõem uma lista incompleta, pois poucos países divulgam esse dado, estão localizados em apenas 5 bacias no mundo. Yangtze com 11, Tigre e Euphrates com 7, o Ganges com 6 e o Hwang He e Paraná com 4.

Pode-se perceber que as únicas bacias hidrográficas com mais de 10 grandes barragens estão no Brasil, no Noroeste Americano e no Oeste Canadense.

2 Nesse caso, uma “grande barragem” é definida como tendo altura acima de 150 m ou volume acima de 15 milhões de m³ ou uma capacidade de geração acima de 1000 MW. Definição distinta do ICOLD.

Watersheds of the World - Existing and Proposed Major Dams

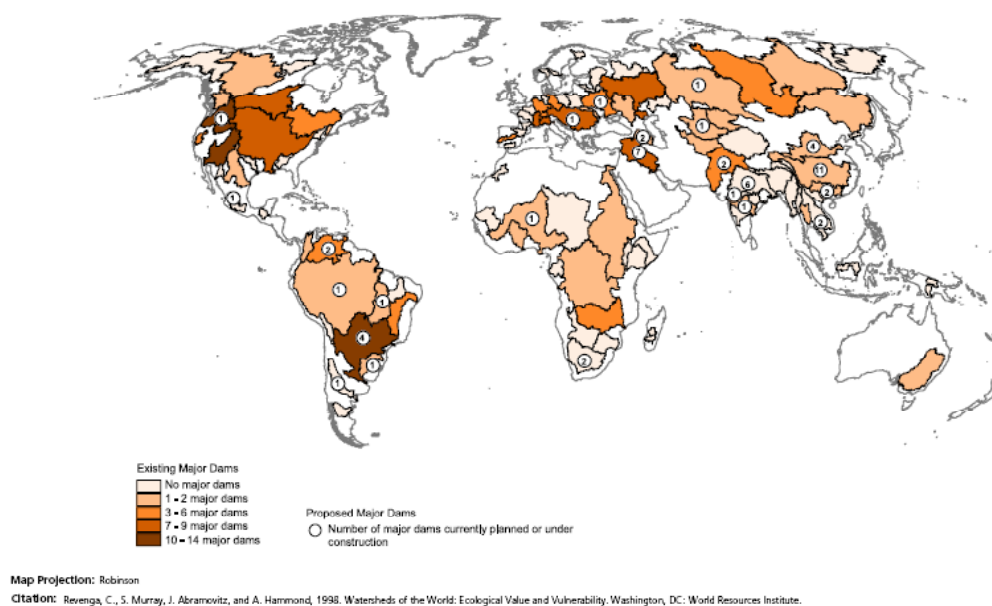


Figura 2.2.1.01 – Distribuição das 306 grandes barragens³ pelas bacias hidrográficas do planeta.

2.2.2 O Debate sobre Impactos e Benefícios

A International Rivers Association, uma organização não governamental dedicada “*a apoiar as comunidades locais quanto ao uso de seus rios e fontes hídricas*” publicou um documento (Twelve Reasons to Exclude Large Hydro from Renewables Initiatives) que exemplifica bem a dimensão da forte resistência aos grandes projetos. Segundo essa organização, as grandes barragens:

- 1) Não reduzem a pobreza diante de opções mais descentralizadas.
- 2) Classificadas como “renováveis”, absorveriam, por seu porte, os recursos das chamadas novas renováveis.
- 3) Geralmente tem custos subestimados e benefícios exagerados.
- 4) Aumentam a vulnerabilidade à mudança climática.
- 5) Não promovem a transferência tecnológica.
- 6) Têm impactos sociais e ambientais negativos.
- 7) Esforços de mitigação de impactos geralmente falham.
- 8) A maioria dos construtores e financiadores se opõem à medida de prevenção.
- 9) Podem emitir gases de efeito estufa.
- 10) São lentas, inflexíveis, cada vez mais caras e deficitárias.
- 11) Alguns países são super dependentes da hidroeletricidade.
- 12) Podem se tornar não renováveis por conta da sedimentação.

O Banco Mundial, analisando o tema, apresenta contra-exemplos, procurando esclarecer que essa é uma falsa questão. A Tabela 2.2.2.01 apresenta os dados de um estudo associando a área do reservatório, por unidade de capacidade instalada.

3 Nesse caso, uma “grande barragem” é definida como tendo altura acima de 150m ou volume acima de 15 milhões de m³ ou uma capacidade de geração acima de 1000 MW. Definição distinta do ICOLD.

Tabela 2.2.2.01 – Área média do reservatório por unidade de potência (1995).

Porte das Usinas (MW)	Número de Usinas	Área do reservatório (ha/MW)
3.000 a 18.200	19	32
2.000 a 2.999	16	40
1.000 a 1.999	36	36
500 a 999	25	80
250 a 499	37	69
100 a 249	33	96
2 a 99	33	249

Fonte: Goodland, Robert (1995), How to Distinguish Better Hydros from Worse: the Environmental Sustainability Challenge for the Hydro Industry, The World Bank.

Ambas as posições adotam um critério generalista. Evidentemente, cada caso representa uma situação distinta e a questão não se resume ao porte do projeto. O debate “grande x pequeno”, apesar da expertise de respeitados técnicos de ambos os lados, está longe de terminar, pois se percebe que essa é preocupação crescente e constante de importantes documentos do setor energético.

Independente do mérito desse questionamento, há uma evidente e forte resistência aos grandes projetos. Abaixo, um pequeno trecho do relatório que ilustra a preocupação e os conflitos identificados pela Comissão Mundial de Barragens.

“Os enormes investimentos envolvidos e os impactos gerados pelas grandes barragens provocaram conflitos acerca da localização e impactos dessas construções – tanto das já existentes quanto das que ainda estão em fase de projeto, tornando-se atualmente uma das questões mais controversas na área do desenvolvimento sustentável. Os partidários das barragens apontam para as necessidades de desenvolvimento social e econômico que as barragens visam satisfazer, como a irrigação, a geração de eletricidade, o controle de inundações e o fornecimento de água potável. Os oponentes ressaltam os impactos adversos das represas, como o aumento do endividamento, o estouro dos orçamentos, o deslocamento e o empobrecimento de populações, a destruição de ecossistemas e recursos pesqueiros importantes e a divisão desigual dos custos e dos benefícios.”

O relatório recomenda uma série de posturas organizadas do seguinte modo:

Os governos nacionais podem:

- Requerer a revisão dos procedimentos e normas que atualmente regem os projetos de grandes barragens.
- Adotar a prática de licenciamento com prazo determinado para todas as barragens, públicas ou privadas.
- Instituir um comitê independente, com a participação de todas as partes envolvidas, para tentar resolver o passivo ainda em aberto das barragens antigas.

Grupos da sociedade civil podem:

- Monitorar o cumprimento de acordos estabelecidos e prestar assistência a qualquer parte prejudicada que queira resolver pontos discordantes pendentes ou buscar recurso judicial.
- Auxiliar ativamente na identificação das partes envolvidas nos projetos de barragens, recorrendo a uma abordagem que leve em consideração direitos e riscos.

Organizações de populações afetadas podem:

- Identificar impactos sociais e ambientais que permanecem sem solução e convencer as autoridades pertinentes a tomar medidas eficazes para saná-los.
- Criar redes e parcerias de apoio para estimular a capacitação técnica e jurídica dos processos de avaliação de necessidades e opções.

Associações profissionais podem:

- Formular processos que assegurem o cumprimento das diretrizes da CMB.
- Ampliar os bancos de dados nacionais e internacionais – como o Cadastro Mundial de Barragens da ICOLD – incluindo parâmetros sociais e ambientais.

O setor privado pode:

- Formular e adotar voluntariamente códigos de conduta, sistemas administrativos e procedimentos de certificação para assegurar o cumprimento das diretrizes da Comissão – incluindo, por exemplo, a certificação ISO 14001⁴ para seus sistemas de gestão.
- Adotar os preceitos da convenção anti-suborno da Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento.
- Adotar pactos de integridade para todos os contratos e aquisições.

Agências bilaterais de auxílio e bancos multilaterais de desenvolvimento podem:

- Assegurar que toda barragem com financiamento aprovado tenha sido originada em um processo consensual de seleção de opções que classifique as várias alternativas possíveis e respeite as diretrizes da CMB.
- Ao invés de financiamentos baseados em projetos, preferir a adoção de financiamentos baseado em setores, principalmente através do aumento do apoio financeiro e técnico a avaliações efetivas, transparentes e participativas das necessidades e opções, e através do financiamento de alternativas não-estruturais.
- Examinar a sua carteira de projetos de modo a identificar aqueles que no passado tiveram um desempenho inferior ou que apresentem no momento questões não-resolvidas.

Entretanto, apesar desse enorme esforço holístico, por mais complexos que sejam os procedimentos a se avaliar, quando se trata da comparação entre fontes energéticas alternativas, a metodologia ainda não parece fornecer um sistema satisfatório no caso da hidroeletricidade. Essa sensação de não adaptação, bastante polêmica, decorre do fato de que, ao contrário da grande maioria das outras fontes, a produção de eletricidade pelas usinas hidroelétricas pode até ser encarada como um subproduto dentro do leque de outros benefícios oferecidos por um projeto que se enquadra em outra classe de intervenção do espaço regional. Enquanto uma futura usina térmica é simplesmente uma fábrica de energia, uma usina hidroelétrica pode ter outras vocações, em alguns casos até mais importantes. Por exemplo, como comparar uma barragem construída para controle de cheias e que, por projeto, produz energia de forma acessória, com a energia gerada por uma usina térmica?

2.3 Alguns Dados Internacionais sobre a Hidroeletricidade

Com essas questões em mente, no sentido de contribuir para uma compreensão geopolítica mundial do problema, apresenta-se a seguir alguns dados internacionais que podem traçar um panorama geral, onde está incluída a hidroeletricidade e o papel do Brasil nesse cenário. No ano de 2004, consideradas todas as formas primárias de produção de energia, o mundo produziu o equivalente a 10,2 bilhões de toneladas de petróleo (Energy Information Administration – US Department of Energy – 2005). A atual estrutura segundo as fontes primárias é a mostrada na Tabela 2.3.01.

4 A ISO 14001 é a referência normativa baseada na qual são feitas as certificações de sistemas de gestão ambiental das organizações. A certificação não é concedida pela ISO, que é uma entidade normalizadora internacional, mas sim por uma entidade de terceira parte devidamente credenciada. No Brasil, foi estabelecido pelo CONMETRO (Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) o Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade, tendo sido o Inmetro designado por aquele Conselho como organismo credenciador oficial do Estado brasileiro. Uma certificação feita no âmbito do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade tem que necessariamente ser realizada por organismo credenciado pelo Inmetro. Como a Norma ISO 14001 tem caráter voluntário, as certificações podem ser feitas fora do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade por organismos credenciados ou não pelo Inmetro. Independentemente da certificação ser feita dentro ou fora do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade, quando realizada por organismo credenciado pelo Inmetro, a mesma é conduzida com base nos mesmos requisitos e metodologia.

Tabela 2.3.01 – Fontes Primárias de Energia no mundo (2003).

Fonte	Participação (%)
Óleo cru e Gás manufaturado	38
Carvão	24
Gás Natural	24
Hidroelétrica	7
Nuclear	6
Outras fontes	1

Fonte: Table 11.1 World Primary Energy Production by Source, 1970-2003
Energy Information Agency – US Dep. Of Energy

Entretanto, é importante considerar apenas a geração de energia elétrica para avaliar corretamente o peso dessa forma de produção.

Tabela 2.3.02 – Fontes produtoras de energia elétrica no mundo (2003).

Fonte	Participação (%)
Óleo	6,9
Carvão	39,9
Gás Natural	19,3
Hidroelétrica	16,3
Nuclear	15,7
Outras fontes	1,9

Fonte: Electricity in World in 2003 - International Energy Agency Statistics
<http://www.iea.org/Textbase/stats/>

É imprescindível ressaltar que a hidroeletricidade responde por cerca de 16% de toda a produção de energia elétrica, num mundo onde o petróleo, o gás natural e o carvão mineral dominam. Nesse sentido, tanto a questão da recente elevação de preços do petróleo, fruto em parte da estagnação das reservas conhecidas, quanto a preocupante questão ambiental planetária, passam a ser variáveis extremamente importantes em qualquer cenário estratégico sobre a energia no mundo.

Dentre as fontes renováveis, a hidroeletricidade é ainda a mais promissora por ser capaz de gerar grandes quantidades de eletricidade, com economia de escala. Os 10 países maiores produtores de energia elétrica no mundo estão na Tabela 2.3.03.

Tabela 2.3.03 – Os 10 países maiores geradores de energia elétrica no mundo.

País	TWh	% do total
Estados Unidos	4.150	23,8
China	2.187	12,5
Japão	1.110	6,4
Rússia	931	5,3
Índia	651	3,7
Alemanha	607	3,5
França	572	3,3
Canadá	568	3,3
Reino Unido	400	2,3
Brasil	386	2,2
Outros países	11.561	33,8

Quanto a hidroeletricidade, os 10 países maiores produtores estão apresentados na Tabela 2.3.04, onde se observa uma concentração no Canadá, na China, Brasil e EUA.

Tabela 2.3.04 – Principais Países Produtores de Hidroeletricidade (com participação de hidroeletricidade na produção de energia elétrica) (2001).

País	TWh	% do total
Canadá	344	12,0
China	334	11,7
Brasil	326	11,4

País	TWh	% do total
Estados Unidos	269	9,4
Rússia	180	6,3
Noruega	111	3,9
Japão	102	3,6
Índia	86	3,0
Venezuela	72	2,5
França	67	2,3
Outros	1.890	35,1

Fonte: WEC Member Committees, 2000/2001; Hydropower & Dams World Atlas 2001, supplement to The International Journal on Hydropower & Dams, Aqua-Media International; Energy Statistics Yearbook 1997, United Nations; national and international

Um outro aspecto interessante a se observar é a “produtividade” dos sistemas hidroelétricos no mundo. Como se pode observar na Tabela 2.3.05 nem todos os sistemas conseguem fatores de capacidade acima de 50%. Em muitos países, as usinas hidroelétricas apenas atendem a ponta do sistema ou não contam com capacidade de reserva suficiente para “regularizar” sua produção. Esse último aspecto é extremamente importante, como característica diferenciadora do sistema gerador brasileiro. Dentre os sistemas de maior porte no mundo, apenas o Canadá dispõe de capacidade de reserva em proporção semelhante à brasileira. Tal aspecto terá importante conseqüência na forma de análise da viabilidade dos empreendimentos. Considerando-se as crescentes exigências do correto balanço entre impactos socioambientais e benefícios energéticos, o sistema brasileiro é particularmente eficiente.

Tabela 2.3.05 – Principais países e fatores de capacidade de seus sistemas hidroelétricos (1999).

País	Capacidade em operação (MW)	Geração em 1999 (TWh)	Fator de capacidade (%)
Canadá	66.954	341	58
Brasil	57.517	286	57
Venezuela	13.165	61	53
Noruega	27.528	122	51
Suécia	16.192	71	50
Estados Unidos	79.511	319	46
Índia	22.083	82	43
Rússia	44.000	161	42
Áustria	11.647	42	41
México	9.390	32	39
Turquia	10.820	35	37
China	65.000	204	36
Japão	27.229	84	35
França	25.335	77	35
Itália	16.546	47	32
Suíça	13.230	37	32
Espanha	15.580	28	21

Fonte: WEC Member Committees, 2000/2001; Hydropower & Dams World Atlas 2001, supplement to The International Journal on Hydropower & Dams, Aqua-Media International;

Quanto ao potencial de expansão da geração hidroelétrica no mundo, em primeiro lugar, é importante salientar que o Brasil é um dos mais promissores por ser o líder absoluto dos recursos hídricos no planeta, como pode ser observado na Tabela 2.3.06.

Tabela 2.3.06 – Total de Recursos Hídricos por país (2003).

País	Recursos hídricos internos ao território (km³/ano)	Recursos hídricos originados fora do território (km³/ano)	Total de recursos (km³/ano)	% do total
Brasil	5.418,0	2.815,0	8.233,0	19
Rússia	4.312,7	194,6	4.507,3	10
Canadá	2.850,0	52,0	2.902,0	7
Indonésia	2.838,0	0,0	2.838,0	6
China Continental	2.812,4	17,2	2.829,6	6

País	Recursos hídricos internos ao território (km ³ /ano)	Recursos hídricos originados fora do território (km ³ /ano)	Total de recursos (km ³ /ano)	% do total
Estados Unidos	2.000,0	71,0	2.071,0	5
Peru	1.616,0	297,0	1.913,0	4
Índia	1.260,5	636,1	1.896,6	4
Congo	900,0	383,0	1.283,0	3
Venezuela	722,5	510,7	1.233,2	3
Os 10 primeiros	24.730,1	4.976,6	29.706,7	57
Mundo	43.764,0		43.764,0	100

Fonte: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - Review of World Water Resources by Country, Rome, 2003 - Internal renewable water resources is that part of the water resources (surface water and groundwater) generated from endogenous precipitation. External water resources as the part of a country's renewable water resources that enter from upstream countries through rivers (external surface water) or aquifers (external groundwater resources).

A Tabela 2.3.07 apresenta uma avaliação internacional sobre as possibilidades de expansão da capacidade de geração hidroelétrica. Entretanto, é importante observar que é possível encontrar grandes incertezas nas estimativas, não só do Brasil, mas também na avaliação de outros países, em função de crescentes restrições à construção de projetos de grande e até de médio porte. De qualquer modo, dada a liderança brasileira, mesmo num cenário de aumento de restrições à construção de novas usinas hidroelétricas, o país ocupa posição de destaque.

Tabela 2.3.07 – Estimativa dos potenciais hidroelétricos no mundo (2000/2001).

	Capacidade Teórica (TWh/ano)	Tecnicamente Exploráveis (TWh/ano)	Economicamente Exploráveis (TWh/ano)	% do total mundial
China	5.920	1.920	1.260	13
Rússia	2.800	1.670	852	12
Brasil	3.040	1.488	811	10
Canadá	1.289	951	523	7
Congo	1.397	774	419	5
USA	4.485	529	376	4
Tajikistan	527	264	264	2
Etiópia	650	260	260	2
Peru	1.578	260	260	2
Noruega	600	200	180	1
Nepal	727	158	147	1

Fonte: WEC Member Committees, 2000/2001; Hydropower & Dams World Atlas 2001, supplement to The International Journal on Hydropower & Dams, Aqua-Media International.

2.4 Os Aspectos Competitivos da Hidroeletricidade

Apesar dos inúmeros problemas, a hidroeletricidade tem muitas vantagens, geralmente pouco valorizadas. Algumas delas são:

- Substituir ou postergar a necessidade de geração, a partir de combustíveis fósseis, com efeitos benéficos para a qualidade do ar.
- Prover um serviço de alta confiabilidade, a partir de uma tecnologia conhecida por mais de um século, com baixos custos operacionais, alta eficiência energética e extensa vida útil.
- Ser uma fonte renovável, e, nessa categoria, ser a única capaz de produção em grande escala.
- Emitir baixas quantidades de gases de efeito estufa,⁵ em comparação aos combustíveis fósseis.
- Seus impactos, quando negativos, estão limitados à sua área de influência.

5 Alguns autores sustentam a tese de que grandes reservatórios que alagam florestas em ecossistemas tropicais seriam grandes emissores de CO₂. Estudos recentes no reservatório de Tucuruí mostram que, no pior caso, o lago emite 213 g de CO₂ por kWh produzido. Tal estatística é cinco vezes menor do que para térmicas a carvão. Ver Hydropower and the World's Energy Future – International Hydropower Association – International Commission on Large Dams – International Energy Agency – Nov. 2005.

- A construção de uma hidroelétrica, dado seu porte, pode representar oportunidades para atender outras carências regionais, tais como, controle de cheias, transporte fluvial, irrigação e outras atividades.
- Os investimentos, apesar de intensos durante um tempo limitado, podem ser realizados com conhecimento e materiais nacionais, sendo um fator de independência estratégica para o País.
- Parte dos investimentos são “alavancadores” para outros setores gerando empregos diretos e indiretos.
- Sendo uma fonte de energia operacionalmente maleável, sustenta eletricamente extensas redes de transporte de energia.
- É especialmente apta a prover serviços ancilares à rede elétrica, tais como reserva girante e não girante, regulação e resposta de frequência, controle de tensão e estabilidade.

A questão do suprimento energético futuro, mais do que nunca, passou a ser uma preocupação mundial. De forma crescente, as nações tomam consciência das limitações da exploração dos recursos naturais do planeta, principalmente o presumível esgotamento das reservas de petróleo, ainda a principal fonte primária e o indiscutível impacto ambiental associado a essa e outras formas de produção de energia.

Diante desses diagnósticos, algumas ações internacionais começam a ser implementadas. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, estabelecido no Protocolo de Quioto, é um incentivo para que empresas de países industrializados invistam em projetos elegíveis de redução de emissões, em países em desenvolvimento. O Protocolo de Quioto exige que todos os projetos MDL sejam submetidos à validação e verificação/certificação por uma “entidade operacional designada”, ou seja, verificada independentemente por terceiros.

Esses fatos denotam que atualmente há um “olhar” mundial sobre todos os projetos energéticos, principalmente os dos países em desenvolvimento. Significa também que as opções energéticas passarão por um grande crivo competitivo sob critérios muito mais complexos e, portanto, sem a “linearidade” da tradicional avaliação econômica financeira.

O inventário Hidroelétrico de bacias hidrográficas no Brasil, sob essas condicionantes, passa a ter uma importância ainda maior, pois lida com cenários futuros e pode vislumbrar ações que, pela antecedência, minimizem impactos ou até viabilizem completamente os projetos hidroelétricos.

Pode-se perceber no cenário mundial uma grande preocupação com o impacto das barragens e seus reservatórios e há claramente um “corte” entre os projetos quanto à sua escala.

Sem ser uma panacéia para a solução dos problemas, certamente a hidroeletricidade é parte da solução para o binômio da produção de energia e da geração de impactos socioambientais. O Brasil, por ainda dispor de considerável potencial hídrico não explorado, só viabilizará seu futuro suprimento de eletricidade considerando principalmente a opção hídrica, conforme estabelecido pelo seu planejamento, voltado para a expansão do sistema energético. O inventário é a peça chave desse processo.

3 A Hidroeletricidade no Brasil

3.1 O Potencial Hidroelétrico Nacional e a Viabilidade de seu Aproveitamento

A conclusão e futura utilização deste manual de inventário é parte de um amplo processo de revisão de critérios, métodos e até legislação sobre a viabilidade de aproveitamentos hidroelétricos no Brasil. Certamente, o cenário de possíveis e futuros projetos poderá se alterar substancialmente após esse procedimento. Portanto, o que se apresenta a seguir é apenas um retrato do que se dispõe em termos de estudos anteriores, que, por princípio, se prende rever.

Como fonte de informações, apenas o SIPOT,⁶ da Eletrobrás, apresenta uma avaliação integral para o território nacional. Os dados dispostos abaixo são os disponibilizados na página da Eletrobrás na Internet e podem não representar a versão mais atualizada do potencial hidroelétrico do País.⁷

Os locais sujeitos ao aproveitamento de hidroelétricas cadastrados no SIPOT estão classificados quanto ao estágio de desenvolvimento dos estudos, podendo ser agrupados em três grupos:

- Potencial estimado (remanescente R e individualizado In).

Os classificados como potenciais remanescentes são baseados em estudos de escritório para trechos de rio. Os potenciais classificados como individualizados são também oriundos de estudos de escritório para determinados locais específicos. Segundo o SIPOT, estão distribuídos como mostrado na Tabela 3.1.01.

Tabela 3.1.01 – Potencial Estimado por Região (MW).

Região	R	In	R + In
N	16.034,76	37.288,03	53.322,79
NE	267,6	874,78	1.142,38
SE	2.373,30	2.858,10	5.231,40
CO	7.545,61	8.607,53	16.153,14
S	2.020,72	2.602,69	4.623,41
Total	28.241,99	52.231,13	80.473,12

- Potencial estudado (estudo de inventário (I), viabilidade (V) e projeto básico (PB)).

Os potenciais classificados como “em inventário” são frutos de estudos de uma bacia hidrográfica. Os potenciais classificados como em fase de viabilidade são os que sua concepção global está sendo examinada visando sua otimização técnica e econômica. Os em estágio de “projeto básico” já estão em fase de detalhamento para licitação. Eles estão distribuídos por região como mostra a Tabela 3.1.02.

Tabela 3.1.02 – Potencial Estudado por Região (MW).

Região	I	V	PB	Desativados	I+V+PB-D
N	17.275,59	28.744,60	1.327,23	2,34	47.345,08
NE	6.593,64	7.050,50	406,16	0,80	14.049,50
SE	10.236,03	3.974,45	1.753,02	2,67	15.960,83
CO	9.535,40	1.501,75	2.286,72	2,33	13.321,54
S	9.758,32	4.676,58	2.826,36	0,00	17.261,26
Total	53.398,98	45.947,88	8.599,49	8,14	107.938,21

- Usinas em construção (C) e operação (O).

Potenciais classificados como “em construção” são os que já tiveram suas obras iniciadas e os “em operação” são os que pelo menos uma unidade já entrou em operação. Sua distribuição por região está na Tabela 3.1.03.

Tabela 3.1.03 – Potencial em Operação e Construção por Região (MW).

Região	C	O	Total
N	3.109,50	7.229,85	10.339,35
NE	25,00	10.783,25	10.808,25
SE	1.313,38	22.109,10	23.422,48
CO	642,80	9.006,89	9.649,69
S	2.725,77	18.631,10	21.356,87
Total	7.816,45	67.760,19	75.576,64

6 Sistema de Informações do potencial Hidroelétrico Brasileiro (SIPOT), Eletrobrás. sipot@eletrobras.com.

7 Na realidade, existe uma diferença de dados entre o SIPOT e os de capacidade instalada da ANEEL devido ao fato de que a ELETROBRÁS não é mais o órgão responsável por manter esses dados atualizados e consistentes com outras fontes. Apesar desse inconveniente, ainda é a fonte que pode revelar a estrutura percentual sobre os diferentes estágios dos projetos.

A soma total dessas três categorias está exposta na Tabela 3.1.04.

Tabela 3.1.04 – Potencial Total por Região (MW).

Região	Total
N	111.011,90
NE	26.001,73
SE	44.620,05
CO	39.129,03
S	43.241,54
Total	264.004,25

Em algumas categorias é possível, a partir das informações da Eletrobrás, obter dados de como se distribuem esses aproveitamentos por faixa de potência. Os aproveitamentos em projeto básico estão distribuídos como expõe a Tabela 3.1.05.⁸

Tabela 3.1.05 – Distribuição por faixa de potência (PB).

Faixa de Potência	Pot. Total (MW)	%	Qte. de Usinas	%
P > 1000	2.820	32,0	2	0,8
500 < P < 1000	700	7,9	1	0,4
200 < P < 500	1.072	12,2	4	1,6
100 < P < 200	549	6,2	4	1,6
30 < P < 100	1.051	11,9	27	10,6
0 < P < 30	2.625	29,8	217	85,1
	8.817		255	

Em fase de estudos de viabilidade,⁹ a distribuição por potência é mostrada na Tabela 3.1.06.

Tabela 3.1.06 – Distribuição por faixa de potência (V).

Faixa de Potência	Pot. Total (MW)	%	Qte. de Usinas	%
P > 1000	30.903	80,3	11	15,9
500 < P < 1000	1.352	3,5	2	2,9
200 < P < 500	2.956	7,7	9	13,0
100 < P < 200	2.011	5,2	14	20,3
30 < P < 100	1.150	3,0	21	30,4
0 < P < 30	91	0,2	12	17,4
	38.462		69	

Em fase de estudos de inventário, a distribuição por potência é mostrada na Tabela 3.1.07.

Tabela 3.1.07 – Distribuição por faixa de potência (I).

Faixa de Potência	Pot. Total (MW)	%	Qte de Usinas	%
P > 1000	20.270	33	8	1
500 < P < 1000	9.268	15	13	1
200 < P < 500	6.521	11	22	2
100 < P < 200	7.566	12	54	4
30 < P < 100	8.850	14	161	12
0 < P < 30	9.537	15	1.136	81
	62.012		1.394	

8 O total desta tabela é ligeiramente diferente do total da Tabela 3.1.02, pois os dados são constantes de versões diferentes do SIPOT.

9 O total desta tabela é ligeiramente diferente do total da Tabela 3.1.02, pois os dados são constantes de versões diferentes do SIPOT.

Outro aspecto interessante para as classes inventário, projeto básico e viabilidade, é a sua distribuição por bacias, já em sintonia com a Resolução nº 32 do CNRH, de 15 de outubro de 2003, que definiu uma nova Divisão Hidrográfica Nacional.

Tabela 3.1.08 – Distribuição por Bacia dos Projetos em Fase I,V e PB.

	Amazonas	Tocantins	Atlântico Leste	São Francisco	Atlântico Sudeste	Paraná	Uruguai	Atlântico Sul
I	30%	10%	2%	17%	14%	16%	8%	4%
V	49%	16%	1%	13%	3%	7%	7%	4%
PB	21%	3%	0%	1%	18%	35%	13%	8%

Esses percentuais revelam alguns aspectos importantes:

- Do potencial avaliado no SIPOT (264 GW), cerca de 30% estão em operação ou em construção (~ 75 GW).
- Aproximadamente 30% estão apenas estimados (~ 80GW).
- Cerca de 40% estão estudados (107 GW).
- Da parcela estudada, 8% estão em fase de projeto básico, 43% em estudos de viabilidade e os restantes 49% em fase de inventário.
- Os aproveitamentos em fase de projeto básico encontram-se 27% na região Centro-Oeste, 33% na região Sul, 20% no Sudeste, 15% no Norte e 5% no Nordeste.
- Em projeto básico, apenas duas usinas, em um total de 255, respondem por cerca de 30% da potência (~ 9 GW). Aproximadamente 85% do número total projetos são de usinas menores do que 30 MW.
- Já os aproveitamentos em fase de viabilidade (~39 GW), encontram-se predominantemente (63%) na região Norte, 10% no Sul, 9% no Sudeste, 3% no Centro-Oeste e 15% no Nordeste. Cerca de 80% são grandes projetos com potência acima de 1 GW. Apenas 0,2 % da potência total estão associados a usinas menores do que 30 MW.
- Deve-se notar a predominância de projetos em viabilidade na bacia do Amazonas e Tocantins.
- Os que estão em fase de inventário, 33% estão no Norte, 19% no Sudeste, 18% no Sul, 12% no Nordeste e 18% no Centro-Oeste. 96% dos projetos são de usinas abaixo de 200 MW. 81% menores do que 30 MW.

Parece evidente que, em termos espaciais, o setor caminha na direção Norte e Centro-Oeste. Em termos de porte, num horizonte um pouco mais estendido, a tendência é que haja um aumento de usinas médias.

3.2 Histórico do Aproveitamento do Recurso Hidroelétrico

As experiências pioneiras do setor elétrico no Brasil estão relacionadas com a iluminação e o transporte públicos. O marco inicial é 1879, quando foi inaugurado, no Rio de Janeiro, o serviço permanente de iluminação elétrica interna na estação central da ferrovia Dom Pedro II (Central do Brasil). Em 1881, na mesma cidade, ainda fazendo uso de dínamos acionados por locomóveis, instala-se a primeira iluminação pública num trecho do jardim do Campo da Aclamação, a atual praça da República. No mesmo ano, na inauguração da Exposição Industrial, a energia elétrica foi utilizada para iluminar dependências do edifício do Ministério da Viação no largo do Paço (atual Praça XV), também no Rio de Janeiro. Em 1883, começa a operar a primeira central geradora elétrica, com 52 kW de capacidade, em Campos (RJ); tratava-se de uma unidade termelétrica, movida a vapor a lenha, para alimentar 39 lâmpadas. Esse empreendimento inaugurou a prestação de serviço público de iluminação na América

do Sul. Nos transportes coletivos, o uso pioneiro da eletricidade como força motriz ocorreu em 1883, em Niterói, com a primeira linha brasileira de bondes elétricos a bateria.¹⁰

Provavelmente a inauguração da usina de Marmelos¹¹ em 1889 em Juiz de Fora, no estado de Minas Gerais seja realmente o marco zero do setor elétrico brasileiro. Também de grande importância histórica, outros projetos tais como, Monjolinho e Piracicaba em 1893, Corumbataí em 1900, Fontes sobre o Ribeirão das Lajes em 1908 até a famosa usina de Delmiro Gouveia no rio São Francisco em 1913.

Entretanto, o orgânico e quase continental sistema brasileiro só começa a se delinear a partir da criação da CHESF em 1945 e da CEMIG em 1946. Essas empresas representam a inauguração de uma grande, duradoura e consistente intervenção do Estado no setor elétrico. As décadas seguintes seriam profícuas em grandes projetos tais como Três Marias em 1962 e Furnas no ano seguinte. Em 1963 se inicia o famoso projeto Canambra. Esses estudos da década de 1960, pelo seu nível de aprofundamento, constituíram um marco na história do setor elétrico nacional, pois:

- Tratam-se dos primeiros estudos abrangentes de inventário do potencial hidroelétrico, com estudos de viabilidade de alguns deles.
- Impulsionou de maneira decisiva a opção pelas grandes barragens.
- Contribuíram para a formação de centenas de técnicos brasileiros que posteriormente integrariam os órgãos de planejamento das principais empresas elétricas e firmas de consultoria privadas.

Por outro lado, impulsionou de maneira decisiva a opção pelas grandes barragens, que passaram a integrar os planos de expansão da produção de energia elétrica formulados pelo setor, entre os quais se destacam o Plano 90, o Plano 95, os planos 2000, 2010 e 2015 publicados em 1974, 1979, 1982, 1988 e 1994.

As Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás) foi instalada oficialmente em 11 de junho de 1962, em sessão solene do Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (Cnaee), no Palácio Laranjeiras, no Rio de Janeiro, com a presença do presidente João Goulart (1961-1964). A carteira de aplicações e a administração do Fundo Federal de Eletrificação saíram do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE), passando à alçada da estatal.¹²

No processo de reorganização do setor elétrico, centenas de pequenas companhias foram reagrupadas ou incorporadas por concessionárias estaduais. Por exemplo, em 1966, o governo paulista, por exemplo, fundiu 11 empresas públicas, para criar a Centrais Elétricas de São Paulo (CESP).

Mais importante ainda, a interdependência dos sistemas exigiu a criação de órgãos colegiados, como o Comitê Coordenador para Operação Interligada (CCOI), formado em 1969 por companhias de geração e distribuição do Sudeste, com a orientação técnica da Eletrobrás e a supervisão do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE). Dois anos depois, outro comitê seria formado por empresas do Sul do País.

O sistema se desenvolveu a partir de aproveitamentos da região sudeste, inicialmente pelas bacias do Tietê e Paraíba do Sul. Como se observa, até 1950, as usinas estavam concentradas próximas ao litoral, entre os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Gradativamente, foi ocorrendo uma dispersão mais acentuada, cujo centro de massa está localizado entre os estados de São Paulo, Minas

10 O SETOR ELÉTRICO Faria, Gomes, Abarca e Fernandes. http://www.bndes.gov.br/conhecimento/livro_setorial/setorial14.pdf

11 Construída, na sub-bacia do rio Paraibuna, município de Juiz de Fora (MG), a primeira usina hidroelétrica para fornecer energia para iluminação pública, de propriedade da Companhia Mineira de Eletricidade. A usina Marmelos, com potência de 250 kW, foi um projeto desenvolvido pela firma Max Nothman & Co, com equipamentos fornecidos pela Westinghouse.

12 Memória da Eletricidade (www.elektrobras.gov.br)

Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás. Esse maior distanciamento dos centros de carga foi suficientemente compensado, tanto pelas usinas em cascata, que maximizam o aproveitamento do recurso hídrico, como pela diversidade hidrológica que surgia à medida que se aproveitavam bacias distintas.

O aspecto mais importante no desenvolvimento do sistema brasileiro foi a implantação de grandes usinas na década de 1960 e 1970 aproveitando, principalmente, a bacia do Paraná. Essas usinas, dotadas de grandes reservatórios, possibilitaram vantagens duradouras não observadas em outros sistemas de base hídrica. Através de um sistema de transmissão dimensionado para tal, foi possível proporcionar um razoável nível de garantia, uma vez que, interconectando a reserva, foi praticável compartilhá-la pelo sistema, criando uma “regularização” virtual de todas as usinas.

3.3 Sistema Hidroelétrico Atual, Perspectivas de seu Desenvolvimento e o Papel do Sistema de Transmissão de Interligação entre Bacias Hidrográficas

O Brasil, em 2006, possuía, no total, 1.588 empreendimentos em operação, num total de 96.340.783 kW de potência.

Tabela 3.3.01 – Capacidade Instalada Nacional.

Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
CGH	196	104.655	104.208	0,11
EOL	14	189.250	186.850	0,19
PCH	269	1.457.551	1.415.863	1,47
SOL	1	20	20	0
UHE	156	73.348.695	71.820.411	74,55
UTE	950	23.950.514	20.806.431	21,6
UTN	2	2.007.000	2.007.000	2,08
Total	1.588	101.057.685	96.340.783	100

Fonte: ANEEL

Notação:

CGH	Central Geradora Hidrelétrica	UHE	Usina Hidrelétrica de Energia
EOL	Central Geradora Eolielétrica	UTE	Usina Termelétrica de Energia
PCH	Pequena Central Hidrelétrica	UTN	Usina Termonuclear
SOL	Central Geradora Solar Fotovoltaica		

Portanto, cerca de 3/4 da capacidade instalada brasileira é de origem hidráulica. Entretanto, o aspecto que torna o sistema brasileiro único e peculiar é o fato de todas as usinas (que fazem parte do sistema interligado) compartilharem a mesma garantia através de uma capacidade de reserva recorde entre sistemas de base hídrica no mundo.

Esse aspecto singular, por um lado, justificou a expansão de um sistema de transmissão destinado não só a atender a demanda, mas também viabilizar uma maior diversidade de despachos, ampliando o grau de interligação do sistema. Essa arquitetura exigiu a adoção de um sistema centralizado da operação, onde os diversos agentes, ao invés de sua própria produção, comercializam uma parcela da energia total do sistema, formando uma sociedade por cotas. Essa maleabilidade e centralização na operação possibilitam a “transferência” de grandes blocos de energia entre bacias que proporcionam um ganho de quase 25% em relação às energias locais.

Muito embora essa capacidade de reserva esteja decrescendo em função da não adição de grandes reservatórios, ela ainda será por muito tempo recorde no mundo e certamente um aspecto de diferenciação do nosso sistema. A importância dessa característica para o inventário é que ele afeta a forma como se faz a análise de viabilidade de novos projetos.

As exigências socioambientais, que, provavelmente, se tornarão cada vez mais presentes, caso comprometam a capacidade de regularização das novas usinas, podem não inviabilizar muitos aproveitamentos que, mesmo com regularização limitada, podem se beneficiar da regularização “virtual” do sistema interligado.

3.4 Evolução dos Aspectos Socioambientais na Geração Hidroelétrica Brasileira

Grande parte das usinas hidroelétricas em operação foi planejada e construída num contexto político-institucional e sob paradigma de desenvolvimento bastante diversos dos vigentes no momento atual. Deve ser observado que, atualmente, o processo decisório que conduz à implantação dos projetos hidroelétricos no país apresenta significativa evolução, tanto no que tange a mecanismos de participação e transparência, quanto à preocupação com a distribuição de custos e benefícios. Além disso, a crescente preocupação da sociedade brasileira com a questão socioambiental levou à criação de um arcabouço legal bastante abrangente e rigoroso, com o objetivo de garantir a sustentabilidade social e ambiental, bem como a preservação dos recursos hídricos. Tal arcabouço estende-se à fiscalização e à defesa do meio ambiente e das minorias, por meio de procuradoria especializada, sendo atualmente o Ministério Público Federal ator relevante no processo de implantação dos novos projetos.

Paralelamente ao estabelecimento desses marcos legais, a análise crítica de experiências socioambientais fez com que o setor elétrico brasileiro empreendesse várias iniciativas buscando não somente a adequação ao novo contexto mas, sobretudo, a adoção de uma nova postura tanto na elaboração dos estudos e projetos, quanto na implantação e operação dos empreendimentos. Assim, desde o início da década de 90, foram desenvolvidas orientações claras, organizadas em distintos níveis de regulamentação, para a incorporação das variáveis socioambientais desde as primeiras etapas do processo decisório.

A apresentação no II Plano Diretor de Meio Ambiente – II PDMA – (1991) dos princípios de viabilidade socioambiental, inserção regional e abertura do processo decisório nortearam a explicitação de diretrizes para a implantação de usinas hidrelétricas e a elaboração de manuais que detalham metodologias e procedimentos, que integram os aspectos de engenharia e meio ambiente.

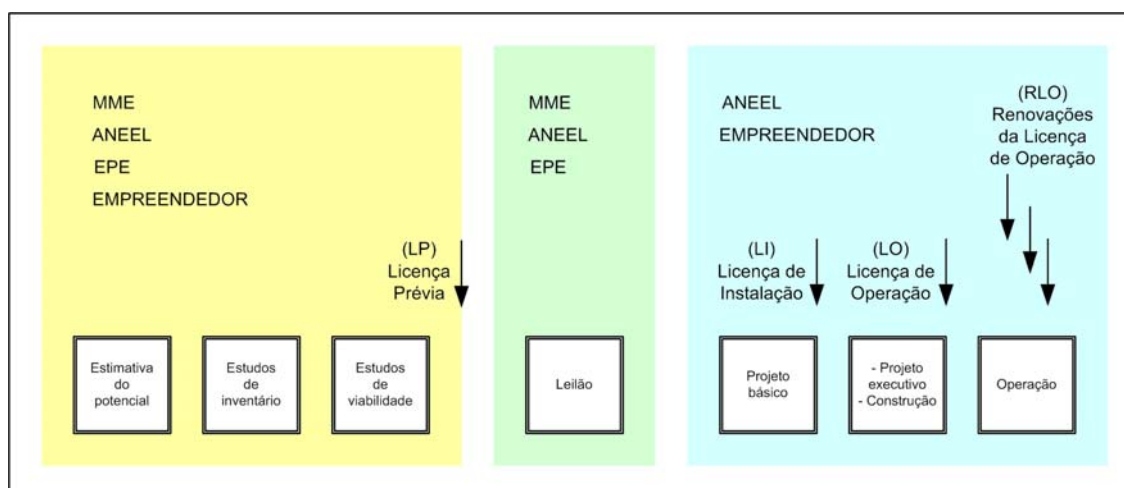
Até meados dos anos 1980, os empreendimentos de geração vinham sendo hierarquizados nos planos de expansão setorial em função quase exclusivamente do custo unitário da energia a ser produzida (em US\$ / MWh), sem incorporar todos os custos ambientais mensuráveis, e muito menos os aspectos não quantificáveis das variáveis ambientais de forma sistemática. Seguindo as orientações do II PDMA, foram também feitos esforços com a finalidade de incorporar aos custos das hidrelétricas aqueles relacionados aos aspectos socioambientais, desde as primeiras estimativas elaboradas nos estudos de inventário. Nas etapas subsequentes de desenvolvimento de um projeto hidroelétrico, ou seja, viabilidade, projeto básico e projeto executivo, tais custos vão sendo cada vez mais detalhados, permitindo a consideração mais precisa dos custos de compensação e mitigação ambiental.

No final da década de 1990 a ANEEL e a Eletrobrás reeditaram o conjunto de manuais que orientam a elaboração de estudos para as etapas de inventário, viabilidade, projeto básico, sistemas de transmissão e para projetos de pequenas centrais hidroelétricas. Todos são documentos de orientação para contratação e desenvolvimento dos estudos que adotam uma concepção de planejamento integrado contemplando, no processo decisório, os aspectos institucionais e legais, energéticos, econômicos e socioambientais.¹³

Associada ao desenvolvimento da legislação e do marco regulatório setorial a sistemática de planejamento e implantação dos projetos fica determinada pela atuação preferencial de: agentes privados, da agência fiscalizadora e dos órgãos governamentais. A Figura 3.4.01 apresenta os marcos principais das interações presente nesse processo.

13 Os Manuais, produzidos entre 1995 e 1998, encontram-se disponíveis no *site* www.aneel.gov.br e www.eletrobras.gov.br.

Figura 3.4.01 – Etapas para implantação de aproveitamentos hidroelétricos.



Internacionalmente, o início dos anos 2000 marca a publicação de diretrizes para a implantação de empreendimentos hidroelétricos aderentes aos princípios do desenvolvimento sustentável, tanto por organismos promotores da hidroeletricidade, como também por uma comissão internacional criada especificamente para este fim.¹⁴ Além disso, foram desenvolvidas metodologias e ferramentas aplicadas aos estudos socioambientais, como os sistemas de informação georreferenciados e o zoneamento ambiental, que são fundamentais para o planejamento integrado de bacias hidrográficas. Pode-se afirmar que o setor elétrico brasileiro entra no século XXI instrumentalizado para o tratamento adequado dos aspectos socioambientais, em todas as etapas de planejamento, construção e operação de seus empreendimentos.

No entanto, ainda que os projetos hidroelétricos utilizem uma fonte renovável e limpa, resultando em melhoria de qualidade de vida pela disponibilização da energia elétrica, não se pode ignorar os impactos significativos causados por alguns empreendimentos hidroelétricos, tanto do ponto de vista da sustentabilidade dos ecossistemas quanto da sustentabilidade social.

Considerando uma representação abrangente da evolução dos impactos, pode-se aceitar a área inundada e a população afetada, em relação a potência, como dois indicadores gerais sobre o desempenho das hidroelétricas.

Em dezembro de 1989, estavam em operação no País, 60 usinas hidroelétricas com potência superior a 30 MW, correspondendo a uma potência instalada de 52.225 MW. Seus reservatórios ocupavam uma área de 23.847km², ou cerca de 0,28% do território nacional, com uma relação de 0,46 km²/MW instalado, considerando-se a sua potência final. Os 60 reservatórios dedicados à geração de energia elétrica representavam 11% do total de 516 barragens existentes no país (IIPDMA, vol. I, p.75).

Em 2005, o parque gerador hidroelétrico nacional contava com 116 usinas hidroelétricas em operação com mais de 30 MW e uma potência instalada de 71.000 MW, ocupando uma área de 36.847,64km². As áreas dos reservatórios das usinas em operação representam cerca de 0,4% do território nacional. Essas usinas apresentam uma relação média entre área inundada e potência de 0,52km²/MW.

Segundo a previsão dos estudos do Plano Decenal 2006-2015, no qual foram analisados 46 dos 83 novos reservatórios, para a formação desses serão alagados 5.862,21km², ampliando a área inundada em 79% em relação aos reservatórios existentes em 1989.

14 O Relatório da Comissão Mundial de Barragens tinha como objetivos: examinar a contribuição da construção de grandes barragens ao desenvolvimento e avaliar alternativas para o uso da água e a geração de energia; elaborar critérios, diretrizes e padrões internacionalmente aceitáveis para o planejamento, projeto, avaliação, construção, operação, monitoramento e desativação de barragens. WORLD COMMISSION ON DAMS, 2000 – Dams and Development: A New Framework for Decision-Making. Earthscan Publication Ltd, London.

A relação área alagada/potência final praticamente não sofre aumento em relação às usinas hidroelétricas existentes até 1989, permanecendo em aproximadamente $0,46\text{km}^2/\text{MW}$.

Com relação a população afetada, existe maior dificuldade na obtenção dos dados, para montar um quadro da evolução do tema, recorreu-se as informações sobre o contingente populacional afetado na década 1992-2002 em usinas acima de 100 MW. No período, entraram em operação 17 usinas hidroelétricas, com potência instalada de 15.647 MW, concentrando-se nas Regiões Sudeste, Nordeste, Centro-Oeste e Sul, com inundação de 6.990km^2 atingindo uma população de 20.912 famílias (83.650 pessoas). Já para o decênio 2005-2016 a previsão para as usinas contempladas no Plano Decenal é de que 73.300 pessoas sejam atingidas.

Considerando o acréscimo de energia de 30.963 MW no período, a malha hidrográfica favorável e o baixo percentual de ocupação do território nacional, considera-se que a evolução da expansão da hidroeletricidade tem se realizado com melhoria dos indicadores, principalmente se considerado que esses índices trazem o acúmulo dos grandes reservatórios já construídos.

4 Os Empreendimentos Hidroelétricos no Contexto do Modelo Institucional do Setor Elétrico

O novo modelo do setor elétrico brasileiro instituído pela Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, definiu as formas de comercialização da energia elétrica entre os agentes e destes com os usuários finais, no Sistema Interligado Nacional (SIN), estabelecendo que a referida comercialização poderia ser feita no Ambiente de Contratação Regulada (ACR) ou Ambiente de Contratação Livre (ACL).

Considera-se ACR o segmento do mercado no qual se realizam as operações de compra e venda de energia elétrica entre agentes vendedores e agentes de distribuição, precedidas de licitação, sendo o ACL o segmento do mercado no qual se realizam as operações de compra e venda de energia elétrica, objeto de contratos bilaterais livremente negociados.

A contratação regulada deverá ser formalizada por meio de contratos bilaterais denominados Contratos de Comercialização de Energia no Ambiente Regulado (CCEAR), os quais devem ser celebrados entre os geradores e cada uma das distribuidoras de energia elétrica.

Os processos licitatórios serão diferenciados para a energia elétrica proveniente de empreendimentos de geração existentes e novos (com alguma semelhança com os conceitos de energia “velha” e “nova”, respectivamente). A Lei define como novos empreendimentos de geração aqueles que até o início do processo licitatório não sejam detentores de outorga de concessão, permissão ou autorização ou sejam parte de empreendimento existente que venha a ser objeto de ampliação, restrito ao acréscimo de capacidade. Existe uma exceção para que empreendimentos de geração existentes ou de projetos de ampliação participem da licitação de energia “nova” até o ano de 2007. Esses devem atender cumulativamente os seguintes requisitos: a) tenham obtido outorga de concessão ou autorização até a data de publicação da Lei; b) tenham iniciado a operação comercial a partir de 1º de janeiro de 2000; e c) cuja energia não tenha sido contratada até a data de publicação da lei.

O cliente de um Produtor Independente de Energia Elétrica (PIE) pode ser a empresa concessionária de energia elétrica por meio da contratação no ACR. Podem ser também os consumidores livres, consumidores de eletricidade e de vapor oriundos de planta de co-geração do produtor independente, conjunto de consumidores de energia elétrica, independentemente de tensão e carga, nas condições previamente ajustadas com o concessionário local de distribuição. Finalmente, qualquer consumidor que demonstre ao poder concedente não ter o concessionário local lhe assegurado o fornecimento no prazo de até 180 dias contado da respectiva solicitação. No primeiro e nos dois últimos casos, a

venda de energia elétrica deverá ser exercida a preços sujeitos aos critérios gerais fixados pelo poder concedente.

Uma das possibilidades de comercialização da energia para pequenas centrais hidroelétricas é a participação no Programa de Incentivo a Fontes Alternativas (PROINFA), criado em 26 de abril de 2002, pela Lei nº 10.438. Originalmente o fornecimento de energia pelos contratados do PROINFA era para ser iniciado em 30 de dezembro de 2006, entretanto a Lei nº 11.075, de 2004, estendeu o prazo de início para 30 de dezembro de 2008.

Outra possibilidade de comercialização foi dada pela Lei nº 9.427, de 1996, que definiu que os empreendimentos hidroelétricos com potência igual ou inferior a 30.000 kW, com características de PCH, poderão comercializar energia elétrica com consumidor, ou conjunto de consumidores reunidos por comunhão de interesses de fato ou de direito cuja carga seja maior ou igual a 500 kW, independentemente dos prazos de carência constante do art. 15 da Lei nº 9.074, de 1995, (que define consumidor livre como sendo aquele que consome uma carga maior ou igual a 10.000 kW e é atendido em tensão igual ou superior a 69 kV) podendo o fornecimento ser complementado por empreendimentos de geração associados às fontes referidas na Lei, visando a garantia de suas disponibilidades energéticas mas limitado a quarenta e nove por cento da energia média que produzirem. Quando o consumidor, ou conjunto de consumidores, se situar no âmbito dos sistemas isolados o limite da carga fica reduzido para 50 kW.

A geração distribuída é mais uma possibilidade de comercialização, que, segundo o Decreto nº 5.163, de 2004, no caso de aproveitamento hidroelétrico, é a produção de energia elétrica proveniente de agentes concessionários, permissionários ou autorizados, conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador, cujo empreendimento tenha capacidade instalada menor ou igual a 30 MW.

A contratação de energia elétrica proveniente de empreendimentos de geração distribuída será precedida de chamada pública promovida diretamente pelo agente de distribuição, de forma a garantir publicidade, transparência e igualdade de acesso aos interessados.

Adicionalmente, em relação aos benefícios e encargos, deve-se considerar o seguinte:

O Decreto nº 2.003, de 1996, garantiu ao produtor independente e ao autoprodutor o livre acesso aos sistemas de transmissão e de distribuição de concessionárias e permissionários de serviço público de energia elétrica, mediante o ressarcimento do custo de transporte envolvido, calculado com base em critério definido pelo órgão regulador do poder concedente.

A Lei nº 9.427, de 1996, delegou e a ANEEL estipulou (conforme Resolução nº 77, de 2004) um percentual de redução de 50% a ser aplicado às tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição, incidindo na produção e no consumo da energia comercializada pelos aproveitamentos hidroelétricos com potência igual ou inferior a 30.000 kW.

As Leis nºs 10.438, de 2002 e 10.848, de 2004, mantiveram até 2022 a aplicação do direito de usufruir dos benefícios do rateio da CCC para os empreendimentos que venham a ser implantados em sistema elétrico isolado e substitua a geração termoelétrica que utilize derivados de petróleo. Enquadram-se os aproveitamentos hidroelétricos de potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW, destinados à produção independente ou autoprodução de energia elétrica, mantidas as características de PCH, e sistema de transmissão e/ou distribuição associado.

Terão também direito de usufruir os benefícios do rateio da CCC nos sistemas isolados:

- 1) O autoprodutor sobre a parcela comercializada com concessionária ou permissionária de serviço público de distribuição.
- 2) O PIE sobre a parcela comercializada com o concessionário ou permissionário de serviço público de energia, com o conjunto de consumidores de energia elétrica, independente de tensão e carga, nas

condições previamente ajustadas com o concessionário local de distribuição, ou com qualquer consumidor que demonstre à ANEEL não ter o concessionário local lhe assegurado o fornecimento no prazo de até 180 dias, contado da respectiva solicitação. Além disso, no caso de PCH, sobre a parcela comercializada com consumidor ou conjunto de consumidores reunidos por comunhão de interesses de fato ou direito, cuja carga seja maior ou igual a 50 kW, desde que o atendimento represente redução do dispêndio da CCC.

A Lei nº 10.848, de 2004, também disciplinou que o aproveitamento hidroelétrico com potência maior que 30 MW, com concessão já outorgada, a ser implantado inteiramente em sistema elétrico isolado, substituindo geração termelétrica que utilize derivados de petróleo, tem sub-rogação limitada a, no máximo, 75% do valor do empreendimento e até que a quantidade de aproveitamento sub-rogado atinja um total de 120 MW médios, podendo efetuar a venda da energia gerada para concessionários de serviço público de energia elétrica.

Ademais, o PIE e o autoprodutor sujeitam-se aos seguintes encargos financeiros: compensação financeira aos Estados, Distrito Federal e Municípios, bem como a órgãos da administração direta da União, pelo aproveitamento de recursos hídricos, para fins de geração elétrica; taxa de fiscalização dos serviços de energia elétrica e quotas mensais da Conta de Consumo de Combustíveis (CCC).

5 Organização Institucional

Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), criado pela Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, tem a atribuição de propor ao Presidente da República políticas nacionais e medidas específicas relacionadas à energia. São seus integrantes: o Ministro de Estado de Minas e Energia, que o preside; o Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia; o Ministro de Estado do Planejamento, Orçamento e Gestão; o Ministro de Estado da Fazenda; o Ministro de Estado do Meio Ambiente; o Ministro de Estado do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; o Ministro Chefe da Casa Civil da Presidência da República; um representante dos Estados e do Distrito Federal; um cidadão brasileiro especialista em matéria de energia; e um representante de universidade brasileira, especialista em matéria de energia.

Ministério de Minas e Energia (MME), criado pela Lei nº 3.782, de 22 de julho de 1960, extinto em 1990, pela Lei nº 8.028 e recriado em 1992, por meio da Lei nº 8.422. Tem como área de competência os seguintes assuntos: I – geologia, recursos minerais e energéticos; II – aproveitamento da energia hidráulica; III – mineração e metalurgia; e IV – petróleo, combustível e energia elétrica, inclusive nuclear. Cabe ainda ao MME: I – energização rural, agroenergia, inclusive eletrificação rural, quando custeadas com recursos vinculados ao Sistema Elétrico Nacional; e II – zelar pelo equilíbrio conjuntural e estrutural entre a oferta e a demanda de energia elétrica no País.

Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), criado pela Lei nº 10.848 de 2004 e constituído pelo Decreto nº 5.175 de 2004, com a função de acompanhar e avaliar permanentemente a continuidade e a segurança do suprimento eletroenergético em todo o território nacional. É presidido pelo Ministro de Estado de Minas e Energia e composto por quatro representantes do Ministério de Minas e Energia e pelos titulares da ANEEL, ANP, CCEE, EPE e ONS.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), autarquia em regime especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), criada pela Lei nº 9.427 de 26 de dezembro de 1996. É o órgão regulador do Setor Elétrico encarregado de, entre outras atribuições, (i) regulamentar e fiscalizar o serviço concedido e fiscalizar permanentemente a sua prestação; (ii) mediar os conflitos de interesses entre os agentes do setor elétrico e entre estes e os consumidores; (iii) implementar as políticas e diretrizes do governo federal para a exploração da energia elétrica e o aproveitamento dos potenciais hidráulicos; e (iv) promover as licitações destinadas à contratação de concessionárias de serviço público para produ-

ção, transmissão e distribuição de energia elétrica e para a outorga de concessão para aproveitamento de potenciais hidráulicos.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE), entidade vinculada ao Ministério de Minas e Energia com finalidade de prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, nas áreas de energia elétrica, combustíveis fósseis, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, criada pela Lei nº 10.847 de 15 de março de 2004.

Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), entidade de direito privado, sem fins lucrativos, responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), sob a fiscalização e regulação da ANEEL, criada pela Lei nº 9.648 de 26 de agosto de 1998.

Grupo Técnico Operacional da Região Norte (GTON), criado pela Portaria MINFRA nº 895, de 29 de novembro de 1990, é responsável pelo planejamento e acompanhamento da operação dos sistemas isolados da Região Norte. Dentre suas atribuições, destaca-se a elaboração do Plano de Operação e do Programa Mensal de Operação dos Sistemas Isolados.

Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), criada pela Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, para suceder ao Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE). Pessoa jurídica de direito privado sem fins lucrativos e sob regulação e fiscalização da ANEEL, tem por finalidade viabilizar a comercialização de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN). A CCEE tem por atribuição, entre outras, de promover leilões de compra e venda de energia elétrica, desde que delegado pela ANEEL, manter o registro de todos os Contratos de Comercialização de Energia no Ambiente Regulado, manter o registro dos montantes de potência e energia objeto de contratos celebrados no Ambiente de Contratação Livre, promover a medição e o registro de dados relativos às operações de compra e venda de energia elétrica, apurar o Preço de Liquidação de Diferenças (PLD) do mercado de curto prazo por submercado.

Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRÁS), criada em 1962 para promover estudos e projetos de construção e operação de usinas geradoras, linhas de transmissão e subestações, além de dar suporte a programas estratégicos do governo. Tem por principais atribuições o financiamento, em caráter suplementar, da expansão do setor elétrico, o exercício da função de *holding* das empresas estatais federais, administração de encargos e fundos setoriais, comercialização de energia de Itaipu e de fontes alternativas contempladas pelo Proinfra e a coordenação do GTON.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), criado em 1974 para a formação de uma infraestrutura científica e de pesquisa, visando o desenvolvimento, no país, de uma tecnologia avançada no campo de equipamentos e sistemas elétricos. Seu principal mantenedor é a Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás) e suas controladas. Os beneficiários de seus produtos transcendem ao Grupo Eletrobrás, atingindo instituições como o MME, MMA, MCT, a EPE, ONS, a CCEE, a Aneel, além de concessionárias e fabricantes de equipamentos.

Agentes de Geração:

- Autoprodutor de energia elétrica (APE) – Pessoa física ou jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebem concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao seu uso exclusivo.
- Concessionária de Serviço Público (ou Permissionária) (CSP) – Agente Titular de Serviço Público Federal delegado pelo Poder Concedente mediante Licitação, na modalidade de concorrência, a pessoa jurídica ou consórcio de empresas para exploração e prestação de serviços públicos de energia elétrica, regulamentado pela Lei nº 8.987 de 13 de fevereiro de 1995.
- Produtor Independente de Energia Elétrica (PIE) – Pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização do poder concedente para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida, por sua conta e risco.

Agentes de Transmissão:

- Empresas de Transmissão – São responsáveis pela disponibilização de equipamentos e instalações para o transporte de energia elétrica desde as usinas até os centros de consumo.

Agentes de Distribuição:

- Concessionárias de distribuição – O mercado de distribuição de energia elétrica é atendido por 64 concessionárias, estatais ou privadas, de serviços públicos que abrangem todo o País. São atendidos cerca de 47 milhões de unidades consumidoras, das quais 85% são consumidores residenciais, em mais de 99% dos municípios brasileiros.

Agentes de Comercialização:

- Comercializador – É a pessoa jurídica especialmente constituída para exercer a atividade de comercialização de energia elétrica, que compreende a compra e a venda de energia elétrica para concessionários, autorizados ou a consumidores que tenham livre opção de escolha do fornecedor. A atuação dos comercializadores é regida, basicamente, pelo Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004.

Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), instituído pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e constituído pelos órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios e pelas Fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental e tem a seguinte estrutura:

- Órgão Superior: O Conselho de Governo.
- Órgão Consultivo e Deliberativo: O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.
- Órgão Central: O Ministério do Meio Ambiente – MMA.
- Órgão Executor: O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA.
- Órgãos Seccionais: Os órgãos ou entidades estaduais responsáveis pela execução de programas, projetos e pelo controle e fiscalização de atividades capazes de provocar a degradação ambiental.
- Órgãos Locais: Os órgãos ou entidades municipais, responsáveis pelo controle e fiscalização dessas atividades, nas suas respectivas jurisdições.

Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) – É um colegiado que desenvolve regras de mediação entre os diversos usuários da água sendo, assim, um dos grandes responsáveis pela implementação da gestão dos recursos hídricos no País. Por articular a integração das políticas públicas no Brasil é reconhecido pela sociedade como orientador para um diálogo transparente no processo de decisões no campo da legislação de recursos hídricos. Possui como competências, dentre outras:

- Analisar propostas de alteração da legislação pertinente a recursos hídricos.
- Estabelecer diretrizes complementares para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos.
- Promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regionais, estaduais e dos setores usuários.
- Arbitrar conflitos sobre recursos hídricos.
- Deliberar sobre os projetos de aproveitamento de recursos hídricos cujas repercussões extrapolem o âmbito dos estados em que serão implantados.
- Aprovar propostas de instituição de comitês de bacia hidrográfica.
- Estabelecer critérios gerais para a outorga de direito de uso de recursos hídricos e para a cobrança por seu uso.
- Aprovar o Plano Nacional de Recursos Hídricos e acompanhar sua execução.

Ministério do Meio Ambiente (MMA) – O Ministério do Meio Ambiente, órgão da administração pública federal direta, tem como área de competência os seguintes assuntos: I – política nacional do meio ambiente e dos recursos hídricos; II – política de preservação, conservação e utilização sustentável de

ecossistemas, e biodiversidade e florestas; III – proposição de estratégias, mecanismos e instrumentos econômicos e sociais para a melhoria da qualidade ambiental e o uso sustentável dos recursos naturais; IV – políticas para a integração do meio ambiente e produção; V – políticas e programas ambientais para a Amazônia Legal; e VI – zoneamento ecológico-econômico.

Agência Nacional de Águas (ANA), criada pela Lei nº 9.984 de 17 de julho de 2000 como uma autarquia sob regime especial, com autonomia administrativa e financeira, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente. Compete a ela criar condições técnicas para implementar a Lei das Águas, promover a gestão descentralizada e participativa, em sintonia com os órgãos e entidades que integram o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, implantar os instrumentos de gestão previstos na Lei nº 9.433 de 1997, dentre eles, a outorga preventiva e de direito de uso de recursos hídricos, a cobrança pelo uso da água e a fiscalização desses usos, e ainda, buscar soluções adequadas para dois graves problemas do País: as secas prolongadas, especialmente, no Nordeste e a poluição dos rios.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), instituído pela Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, com a finalidade de assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo, diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), entidade autárquica de regime especial, com autonomia administrativa e financeira, dotada de personalidade jurídica de direito público, criada pela Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, pela fusão de quatro entidades brasileiras que trabalhavam na área ambiental: Secretaria do Meio Ambiente (SEMA); Superintendência da Borracha (SUDHEVEA); Superintendência da Pesca (SUDEPE), e o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF). É vinculada ao Ministério do Meio Ambiente e tem como finalidades: executar as políticas nacionais de meio ambiente referentes às atribuições federais permanentes, relativas à preservação, à conservação e ao uso sustentável dos recursos ambientais e sua fiscalização e controle; e executar as ações supletivas da União, de conformidade com a legislação em vigor e as diretrizes daquele Ministério.

Agências estaduais de meio ambiente, entidades responsáveis pela emissão de licenças ambientais de aproveitamentos situados em rios estaduais.

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), ex-autarquia federal criada pela Lei nº 1.628, de 20 de junho de 1952, foi enquadrado como uma empresa pública federal, com personalidade jurídica de direito privado e patrimônio próprio, pela Lei nº 5.662, de 21 de junho de 1971. É um órgão vinculado ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e tem como objetivo apoiar empreendimentos que contribuam para o desenvolvimento do País.

6 A Legislação referente ao Aproveitamento de Potenciais Hidroelétricos

6.1 Aspectos Gerais

A Lei nº 5.655, de 20 de maio de 1971, dispõe sobre a remuneração legal do investimento dos concessionários de serviços públicos de energia elétrica.

A Constituição Federal de 1988 estabelece ser de propriedade da União os potenciais de energia hidráulica e os rios que banhem mais de um estado, atribuindo a ela a competência para exploração

direta ou mediante autorização, concessão ou permissão do aproveitamento energético dos cursos de água, em articulação com os Estados onde se situam os potenciais hidroenergéticos.

A Lei nº 8.631, de 4 de março de 1993 dispõe sobre a fixação dos níveis das tarifas para o serviço público de energia elétrica e extingue o regime de remuneração garantida.

No ano de 1995, a Lei nº 8.987 promove significativa modificação no regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos. Ela regulamenta o art.175 da Constituição Federal de 1988, cuja nova disciplina determinou que as concessões de serviços e obras públicas e as permissões de serviços públicos seriam objeto de licitação.

Merece destaque o dispositivo dessa Lei que institui, para o vencedor da licitação, a obrigação de ressarcir os dispêndios correspondentes aos estudos, investigações, levantamentos, projetos, obras e despesas ou investimentos, vinculados à concessão, de utilidade para a licitação, realizada pelo Poder Concedente ou com a sua autorização, conforme especificados no edital. Com isso ficou franqueado o acesso a esses documentos para os interessados em participar da licitação.

A Lei nº 9.074/95 foi publicada amparada no artigo 1º, parágrafo único, da lei nº 8.987 do mesmo ano, tratando, no Capítulo II, dos serviços de energia elétrica, onde disciplina em que termos as concessões, permissões e autorizações de exploração de serviços e instalações de energia elétrica e de aproveitamento energético dos cursos de água serão contratadas, prorrogadas ou outorgadas.

A referida lei estabelece quais empreendimentos são objeto de concessão mediante licitação, exigindo, para tanto, a definição pelo Poder Concedente do “aproveitamento ótimo”. Considera-se como tal todo potencial definido em sua concepção global pelo melhor eixo do barramento, arranjo físico geral, níveis de água operativos, reservatório e potência, integrante da alternativa escolhida para divisão de quedas de uma bacia hidrográfica.

Por meio da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, é criada a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), com a finalidade de regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do governo federal. Dentre suas atribuições constavam a promoção das licitações destinadas à contratação de concessionárias de serviço público para produção, transmissão e distribuição de energia elétrica e para a outorga de concessão para aproveitamento de potenciais hidráulicos, bem como celebração e gerenciamento dos contratos de concessão ou de permissão de serviços públicos de energia elétrica, de concessão de uso de bem público, expedição de autorizações, bem como fiscalização, diretamente ou mediante convênios com órgãos estaduais, das concessões e da prestação dos serviços de energia elétrica.

Esse diploma foi alterado pelas Leis nº 9.648, de 27 de maio de 1998, e nº 10.438, de 26 de abril de 2002, que estabeleceram a outorga de autorização para os aproveitamentos de potencial hidráulico de potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW, destinados à produção independente ou autoprodução, mantidas as características de pequena central hidrelétrica.

À ANEEL foram transferidos o acervo técnico e patrimonial, as obrigações, os direitos e receitas do DNAEE. A rede hidrométrica, o acervo técnico e as atividades de hidrologia relativas aos aproveitamentos de energia hidráulica ficaram com o Ministério de Minas e Energia, sob a administração temporária da Agência, como órgão integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Em 18 de julho de 2000 é publicada no *Diário Oficial da União* a Lei nº 9.984, criando a Agência Nacional de Águas (ANA), autarquia sob regime especial, com autonomia administrativa e financeira, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, com a finalidade de implementar, em sua esfera de atribuições, a Política Nacional de Recursos Hídricos, integrando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A essa Agência competia outorga do direito de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio da União por meio de autorização. Também compete a definição e a fiscalização

das condições de operação de reservatórios, objetivando garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos e, no caso de reservatórios de aproveitamentos hidroelétricos, em articulação com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

Estabeleceu-se então uma relação entre as atividades das duas agências, onde a ANEEL deveria promover junto a ANA obtenção prévia da declaração de reserva de disponibilidade hídrica para licitar a concessão ou autorizar o uso de potencial de energia hidráulica em corpo de água de domínio da União. Contudo quando o potencial hidráulico localizar-se em corpo de água de domínio dos Estados ou do Distrito Federal, a declaração de reserva de disponibilidade hídrica será obtida em articulação com a respectiva entidade gestora de recursos hídricos.

No ano de 2003 foi apresentada uma nova proposta de modelo institucional do setor elétrico brasileiro, objetivando assegurar o atendimento da demanda de energia elétrica de forma confiável, com rentabilidade e sustentabilidade econômica.

Esta proposta culminou com a publicação da Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, dispondo sobre a comercialização de energia elétrica e promovendo a alteração na Lei nº 9.074/95 e na Lei nº 9.427/96, dentre outras.

A Lei nº 10.848/2004 estabelece que a comercialização de energia elétrica entre concessionários, permissionários e autorizados de serviços e instalações de energia elétrica, bem como destes com seus consumidores, no Sistema Interligado Nacional (SIN), dar-se-á mediante contratação regulada ou livre e que os agentes do serviço público de distribuição do referido sistema devem garantir o atendimento à totalidade de seu mercado, mediante contratação regulada, por meio de licitação. Esses processos licitatórios devem contemplar procedimentos para contratação de energia proveniente de empreendimento de geração existente, de novos empreendimentos de geração e de fontes alternativas.

A nova lei estabelece que as concessões de geração de energia elétrica outorgada anteriormente a 11 de dezembro de 2003 terão o prazo necessário à amortização dos investimentos, limitado a 35 anos, contado da data de assinatura do contrato, sendo permitida a prorrogação por até 20 anos, a critério do Poder Concedente, modificando expressamente o disposto na Lei nº 9.074/95.

A partir dessa lei os agentes do serviço público de distribuição são impedidos de desenvolver atividades de geração e transmissão de energia elétrica, bem como de venda de energia elétrica a consumidores livres, exceto nas mesmas condições estabelecidas para os consumidores cativos. Ficam liberadas desta restrição as concessionárias, permissionárias e autorizadas de distribuição que atendam a sistemas elétricos isolados ou que tenham mercado próprio inferior a 500 GWh/ano. Promove alterações significativas na Lei nº 9.427/96, que criou a ANEEL, retirando da Agência as competências para promover a articulação com os Estados e o Distrito Federal, para o aproveitamento energético dos cursos de água e a compatibilização com a política nacional de recursos hídricos, para a celebração dos contratos de concessão ou de permissão de serviços públicos de energia elétrica e de concessão de uso de bem público, para a expedição das autorizações, para a definição do aproveitamento ótimo e para a extinção da concessão, devolvendo-as ao Poder Concedente.

A regulamentação da nova lei foi estabelecida pelo Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004, que define, entre os agentes participantes do novo modelo e suas atividades, os agentes vendedores, assim entendidos como os titulares de concessão, permissão ou autorização do Poder Concedente para gerar, importar ou comercializar energia elétrica.

Aos vencedores das licitações que oferecessem energia proveniente de novos empreendimentos seriam outorgadas concessões, a título oneroso, para a geração de energia elétrica sob o regime de serviço público, e de uso de bem público, nos casos de autoprodução ou produção independente. Seriam considerados novos empreendimentos de geração aqueles que até o início do processo licitatório não fossem detentores de qualquer das modalidades de outorga ou que fossem parte de empreendimento existente que viesse a ser objeto de ampliação, restrito ao acréscimo de capacidade resultante.

Em sendo vencedores os empreendimentos de geração classificados como Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), conforme a Resolução nº 652, de 9 de dezembro de 2003, da ANEEL, ou de geração termelétrica, a outorga correspondente seria a autorização. Quando se tratasse de importação de energia elétrica, essas autorizações deveriam incluir, a implantação dos sistemas de transmissão associados e prever o livre acesso a esses sistemas, nos limites da sua disponibilidade técnica, mediante pagamento de encargo, a ser aprovado pela ANEEL.

Juntamente com a Lei nº 10.848, foi editada a Lei nº 10.847, criando a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), para suceder ao CCPE como órgão de apoio ao Ministério de Minas e Energia nas suas atividades de planejamento. A EPE vem com a finalidade de prestar serviços na área de estudos e pesquisas necessárias ao planejamento do setor energético, de responsabilidade do MME. Dentre outras atribuições é a responsável por realizar estudos para a determinação dos aproveitamentos ótimos dos potenciais hidráulicos, desenvolver estudos de impacto social, viabilidade técnico-econômica e socioambiental para os empreendimentos de energia elétrica e de fontes renováveis, obter a licença prévia ambiental e a declaração de disponibilidade hídrica necessárias às licitações envolvendo empreendimentos de geração e transmissão de energia elétrica, bem como elaborar estudos necessários para o desenvolvimento dos planos de expansão da geração e transmissão de energia elétrica de curto, médio e longo prazos.

6.2 Concessão para Empreendimentos do Setor Elétrico

Toda concessão de serviço público, precedida ou não da execução de obra pública, será objeto de prévia licitação, nos termos da legislação própria e com observância dos princípios da legalidade, moralidade, publicidade, igualdade, do julgamento por critérios objetivos e da vinculação ao instrumento convocatório (art. 14 da Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995).

O edital de licitação será elaborado pelo Poder Concedente, observados, no que couber, os critérios e as normas gerais da legislação própria sobre licitações e contratos (art. 18 da Lei nº 8.987, de 1995) e conterà, especialmente nos casos de concessão de serviços públicos precedida da execução de obra pública, os dados relativos à obra, dentre os quais os elementos do projeto básico que permitam sua plena caracterização, bem assim as garantias exigidas para essa parte específica do contrato, adequadas a cada caso e limitadas ao valor da obra (inciso XV do art. 18 da Lei nº 8.987, de 1995, com a redação dada pela Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1999).

Pelo art. 4º da Lei nº 9.074, de 7 de julho 1995, as concessões, permissões e autorizações de exploração de serviços e instalações de energia elétrica e de aproveitamento energético dos cursos de água serão contratadas, prorrogadas ou outorgadas nos termos desta e da Lei nº 8.987, e das demais.

As licitações realizadas para outorga de concessões devem observar o disposto nas Leis nºs 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e, como norma geral, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993 (art. 23 da Lei nº 9.427, de 1996).

As licitações para exploração de potenciais hidráulicos serão processadas nas modalidades de concorrência ou de leilão e as concessões serão outorgadas a título oneroso (art. 24 da Lei nº 9.427, de 1996).

Nenhum aproveitamento hidroelétrico poderá ser licitado sem a definição do “aproveitamento ótimo” pelo poder concedente, podendo ser atribuída ao licitante vencedor a responsabilidade pelo desenvolvimento dos projetos básico e executivo (§ 2º do art. 5º da Lei nº 9.074, de 1995).

Considera-se “aproveitamento ótimo”, todo potencial definido em sua concepção global pelo melhor eixo do barramento, arranjo físico geral, níveis d’água operativos, reservatório e potência, integrante da alternativa escolhida para divisão de quedas de uma bacia hidrográfica (§ 3º do art. 5º da Lei nº 9.074, de 1995).

A realização de estudos de viabilidade,¹⁵ anteprojetos ou projetos de aproveitamentos de potenciais hidráulicos deverá ser informada à ANEEL para fins de registro, não gerando direito de preferência para a obtenção de concessão para serviço público ou uso de bem público (art. 28 da Lei nº 9.427, de 1996).

Independem de concessão ou autorização, o aproveitamento de potencial hidráulico igual ou inferior a 1.000 kW e a implantação de usina termelétrica de potência igual ou inferior a 5.000 kW devendo, entretanto, serem comunicados ao órgão regulador e fiscalizador do poder concedente, para fins de registro (art. 5º do decreto nº 2.003, de 10 de setembro de 1996).

Depende de autorização da ANEEL, o aproveitamento de potencial hidráulico de potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW, destinado a produção independente ou autoprodução, mantidas as características de pequena central hidrelétrica (inc. I do art. 26 da Lei nº 9.427, de 1996, com a redação dada pelo art. 4º da Lei nº 9.648, de 1998).

Pela Resolução ANEEL nº 394, de 4 de dezembro de 1998, são considerados como aproveitamentos com características de pequenas centrais hidrelétricas, os empreendimentos hidroelétricos com potência superior a 1MW e igual ou inferior a 30MW, com área total de reservatório igual ou inferior a 3,0km² (art. 2º).

A área do reservatório é delimitada pela cota d'água associada à vazão de cheia com tempo de recorrência de 100 anos (parágrafo único do art. 2º da Resolução ANEEL nº 394, de 1998).

O empreendimento que não atender a condição de área máxima inundada poderá, consideradas as especificidades regionais, ser também enquadrado na condição de pequena central hidrelétrica, desde que deliberado pela Diretoria da ANEEL, com base em parecer técnico, que contemple, entre outros, aspectos econômicos e socioambientais (art. 3º da Resolução ANEEL nº 394, de 1998).

A autorização para exploração de aproveitamentos hidroelétricos com potência superior a 1 MW e igual ou inferior a 30 MW, será outorgada após a aprovação do projeto básico pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (art. 2º da Resolução ANEEL nº 395, de 4 de dezembro de 1998).

Pelo Despacho nº 173 da ANEEL, de 7 de maio de 1999, a autorização para exploração de central hidroelétrica, com potência superior a 1 MW e igual ou inferior a 30 MW, destinada à autoprodução ou produção independente, fica condicionada à apresentação do projeto básico, acompanhado de no mínimo, do protocolo do órgão gestor do meio ambiente que comprove o início do processo de licenciamento.

O ato de autorização emitido pela ANEEL, por esse despacho, condiciona o início da construção à apresentação Licença de Instalação e a aprovação do projeto básico. A aprovação do projeto básico poderá ocorrer antes do ato de autorização, desde que apresentada a Licença Prévia.

Os aproveitamentos que não atenderem as características de pequena central, conforme definido na Resolução ANEEL nº 394, de 1998, serão objeto de outorga de concessão mediante processo licitatório (parágrafo único do art. 2º da Resolução ANEEL nº 395, de 1998).

Os interessados em obter concessão para exploração de aproveitamentos hidroelétricos com potência superior a 30 MW ou daqueles que não atenderem a condição de pequena central hidroelétrica, deverão apresentar os estudos de viabilidade ou o projeto básico à ANEEL, solicitando a sua inclusão no programa de licitação de concessões (art. 3º da Resolução ANEEL nº 395, de 1998).

Os procedimentos gerais para registro dos Estudos de Viabilidade e de Projeto Básico, são estabelecidos na Resolução ANEEL nº 395, de 4 de dezembro de 1998 (art. 4º a 12).

15 Na etapa de estudo de viabilidade de uma usina hidrelétrica é definida a concepção global de um dado aproveitamento da melhor alternativa de divisão de queda estabelecida nos estudos de inventário, visando sua otimização técnico-econômica e ambiental e a avaliação de seus benefícios e custos associados.

Entre os aspectos a serem avaliados nos estudos de viabilidade e projeto básico, estão a articulação com os órgãos ambientais e de gestão de recursos hídricos visando a definição do aproveitamento ótimo, a preservação dos usos múltiplo das águas e a obtenção do licenciamento ambiental pertinente.

Os procedimentos gerais para a escolha dos Estudos de Viabilidade e de Projeto Básico a serem licitados, são estabelecidos na Resolução ANEEL nº 395, de 4 de dezembro de 1998 (art. 13 a 14).

O Relatório Final do Estudo de Viabilidade poderá constituir a base técnica para a licitação da concessão de projetos de geração de energia hidroelétrica.

Na etapa de estudo de viabilidade de uma usina hidroelétrica é definida a concepção global de um dado aproveitamento da melhor alternativa de divisão de queda estabelecida nos estudos de inventário, visando sua otimização técnico-econômica e ambiental e a avaliação de seus benefícios e custos associados.

No desenvolvimento do projeto básico deverão ser mantidos os principais itens fixados no edital de licitação do empreendimento e que foram definidos na fase de Estudos de Viabilidade, de modo a manter nesta fase de projeto, sua energia assegurada, que são os seguintes:

- NA máximo montante.
- NA jusante.
- Potência mínima.
- Coordenadas geográficas.

A implantação de usinas termoeletricas, de potência superior a 5.000 kW, destinada ao uso de auto-produtor e para produtor independente é objeto de autorização (art. 4º do Decreto nº 2.003, de 10 de setembro de 1996).

Independem de concessão ou autorização, o aproveitamento de potencial hidráulico igual ou inferior a 1.000 kW e a implantação de usina termelétrica de potência igual ou inferior a 5.000 kW devendo, entretanto, serem comunicados ao órgão regulador e fiscalizador do Poder Concedente, para fins de registro (art. 5º do Decreto nº 2.003, de 10 de setembro de 1996).

As instalações de transmissão, integrantes da rede básica dos sistemas elétricos interligados, serão objeto de concessão mediante licitação, e funcionarão na modalidade de instalações integradas aos sistemas e com regras operativas definidas por agente sob controle da União, de forma a assegurar a otimização dos recursos eletroenergéticos existentes ou futuros (§ 1º do art. 17 da Lei nº 9.074, de 1995).

As instalações de transmissão de âmbito próprio do concessionário de distribuição poderão ser consideradas pelo Poder Concedente, como parte integrante da concessão de distribuição (§ 2º do art. 17 da Lei nº 9.074, de 1995).

As instalações de transmissão de interesse restrito das centrais de geração poderão ser consideradas integrantes das respectivas concessões, permissões ou autorizações (§ 3º do art. 17 da Lei nº 9.074, de 1995, com a redação dada pela Lei nº 9.648, de 1998).

Dependem de autorização da ANEEL, a importação e exportação de energia elétrica, bem como a implantação dos respectivos sistemas de transmissão associados.

6.3 Resoluções Referentes aos Estudos de Inventário Hidroelétrico

Os Estudos de Inventário Hidroelétrico de bacias hidrográficas são conceituados como a etapa do planejamento em que se define o potencial hidroelétrico de uma bacia hidrográfica, mediante o estudo de divisão de quedas e a definição prévia do aproveitamento ótimo. Entende-se por aproveitamento ótimo, todo potencial definido em sua concepção global pelo melhor eixo do barramento, arranjo físico

geral, níveis de água operativos, reservatório e potência, integrante da alternativa escolhida para divisão de quedas de uma bacia hidrográfica, conforme o art. 5º da Lei nº 9074, de 1995.

Os Estudos de Inventário podem ser realizados por quaisquer interessados, após seu registro junto à ANEEL. Os procedimentos gerais para registro e aprovação destes estudos são estabelecidos por meio da Resolução nº 393, da ANEEL, de 4 de dezembro de 1998.

A Resolução nº 393 da ANEEL ainda reconhece o direito a ressarcimentos dos custos incorridos e reconhecidos pela ANEEL, caso os aproveitamentos identificados no Estudo de Inventário venham a integrar programa de licitações de concessões.

Os procedimentos sobre a demonstração dos gastos com o desenvolvimento de estudos ou projetos de aproveitamentos hidroelétricos e a regulamentação da remuneração incidente sobre estes valores são definidos pela Portaria DNAEE nº 40, de 26 de fevereiro de 1997.

A Resolução nº 398, de 21 de setembro de 2001, da ANEEL, define os requisitos gerais para a apresentação dos estudos e as condições e os critérios específicos para análise e comparação de Estudos de Inventários Hidroelétricos, visando a seleção de estudos concorrentes.

6.4 **Compensação Financeira e Royalties**

A Constituição Federal de 1988 estabelece que é assegurada aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios, bem como a órgãos da administração direta da União, participação no resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e de outros recursos minerais no respectivo território, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, ou compensação financeira por essa exploração.

Por meio da Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, foi instituída a compensação financeira pela utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica. O valor atualmente pago pelos titulares de concessão e autorização para exploração de potencial hidráulico é de 6,75% sobre o valor da energia produzida, que é calculado pelo produto da energia gerada por uma tarifa atualizada de referência. Inicialmente as usinas com capacidade nominal igual ou inferior a 10 MW ficaram isentas deste pagamento. Esta isenção foi estendida às usinas com potência igual ou inferior a 30 MW desde que mantidas as características de pequena central hidroelétrica.

Os recursos correspondentes ao percentual de 6% são destinados aos municípios atingidos pelas barragens e aos Estados onde se localizam as represas. Este percentual é repartido na proporção de 45% para estados e 45% para municípios, cabendo a União os 10% restantes, divididos entre o Ministério do Meio Ambiente (3%); o Ministério de Minas e Energia (3%) e o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (4%), administrado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia.

No caso das usinas hidroelétricas beneficiadas por reservatórios de montante, o acréscimo de energia por eles propiciado será considerado como geração associada a estes reservatórios regularizadores, competindo à ANEEL efetuar a avaliação correspondente para determinar a proporção da compensação financeira devida aos Estados, Distrito Federal e Municípios afetados por esses reservatórios.

Vale destacar que os percentuais de distribuição apresentados acima, no caso da Usina de Itaipu, sem prejuízo das parcelas devidas aos órgãos da administração direta da União, aos Estados e aos Municípios por ela diretamente afetados, é sobre 85% dos *royalties* devidos por Itaipu Binacional ao Brasil, previstos no Anexo C, item III do Tratado de Itaipu, assinado em 26 de março de 1973, entre a República Federativa do Brasil e a República do Paraguai, bem como nos documentos interpretativos subsequentes, e 15% aos Estados e Municípios afetados por reservatórios a montante da Usina de Itaipu, que contribuem para o incremento de energia nela produzida.

Os recursos correspondentes aos restantes 0,75% são destinados ao Ministério do Meio Ambiente, para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. É importante citar que a parcela referente ao Ministério do Meio Ambiente, dentro dos 6%, deve ser empregada na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e na gestão da rede hidrometeorológica nacional.

6.5 A Política Nacional de Recursos Hídricos

A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas conforme um dos fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. O aproveitamento dos potenciais hidráulicos é um dos usos de recursos hídricos.

A preocupação com relação ao uso múltiplo já é destacada no Decreto nº 24.643, o denominado “Código de Águas”, onde foi estabelecido que em todos os aproveitamentos de energia hidráulica seriam satisfeitas “exigências acauteladoras dos interesses gerais”:

- Da alimentação e necessidades das populações ribeirinhas.
- Da salubridade pública,
- Da navegação,
- Da irrigação.
- Da proteção contra as inundações.
- Da conservação e livre circulação do peixe.
- Do escoamento e rejeição das águas.

Contudo as condições de exploração para outros usos ficavam limitadas ao se estabelecer no decreto que as reservas de água e de energia em proveito dos serviços públicos (União, Estados ou Municípios) não poderiam privar a usina hidrelétrica de mais de 30% da energia de que dispusesse. O Código de Águas previa ainda que as concessões caducariam, obrigatoriamente, se o concessionário reincidisse na utilização de uma descarga superior à que tivesse direito, desde que essa infração prejudicasse as quantidades de água reservadas a outros usos.

De acordo com a Constituição Federal de 1988, estão entre os bens da União, os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais, as praias fluviais e os potenciais de energia hidráulica. Incluem-se entre os bens dos Estados as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União.

A Constituição de 1988 estabelece que compete à União explorar, diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão, os serviços e instalações de energia elétrica e o aproveitamento energético dos cursos d’água, em articulação com os Estados onde se situam os potenciais hidroenergéticos, ficando isento de autorização ou concessão o aproveitamento do “potencial de energia renovável de capacidade reduzida”.

Além disso define que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. Para tanto incumbe ao Poder Público uma série de ações, dentre elas “exigir, na forma da lei, para a instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação ao meio ambiente, estudo prévio ambiental, a que se dará publicidade”.

Deve ser destacada a preocupação com a questão indígena manifestada na Constituição. Como exemplo cabe citar que define como competência exclusiva do Congresso Nacional, a autorização, em terras indígenas, para a exploração e aproveitamento dos recursos hídricos e a pesquisa e lavra de riquezas minerais e que reconhece, aos índios, os direitos originários sobre as terras que tradicionalmente ocupam, ao estabelecer que “o aproveitamento dos recursos hídricos, incluídos os potenciais energéticos, a pesquisa e a lavra das riquezas minerais em terras indígenas só podem ser efetivados com a autorização do Congresso Nacional, ouvidas as comunidades afetadas, ficando-lhes assegurada participação nos resultados da lavra, na forma da lei”.

Neste capítulo são citados os principais instrumentos legais, à nível federal, pertinentes ao aproveitamento dos potenciais hidráulicos no que se refere ao seu planejamento e sua operação, iniciando-se pela questão da compensação financeira prevista na Constituição.

Legislação de Recursos Hídricos

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A Política Nacional de Recursos Hídricos tem por objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; e a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

São instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- Os Planos de Recursos Hídricos.
- O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água.
- A outorga dos direitos de uso de recursos hídricos.
- A cobrança pelo uso de recursos hídricos.
- A compensação a municípios.
- Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Dentre os usos sujeitos à outorga de direito de uso de recursos hídricos, cita o aproveitamento dos potenciais hidroelétricos e outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

Define que a outorga efetivar-se-á por ato da autoridade competente do Poder Executivo Federal, dos Estados ou do Distrito Federal, podendo o Poder Executivo Federal delegar aos Estados e ao Distrito Federal competência para conceder outorga de direito de uso de recurso hídrico de domínio da União.

Estabelece que toda outorga estará condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos e deverá respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado e a manutenção de condições adequadas ao transporte aquaviário, quando for o caso, complementando que deverá preservar o uso múltiplo da água. Os Planos de Recursos Hídricos são planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos, que serão elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o País.

Além disso, define que a outorga e a utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica estará subordinada ao Plano Nacional de Recursos Hídricos. Enquanto não estiver aprovado e regulamentado o Plano Nacional de Recursos Hídricos, a utilização dos potenciais hidráulicos para fins de geração de energia elétrica continuará subordinada à disciplina da legislação setorial específica.

Compete aos Comitês de Bacia Hidrográfica aprovar o Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica de sua área de abrangência e ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) acompanhar a execução e aprovar o Plano Nacional de Recursos Hídricos e determinar as providências necessárias ao cumprimento de suas metas.

Em 30 de janeiro de 2006, o Conselho Nacional de Recursos hídricos (CNRH), na sua XVII reunião extraordinária aprovou o PNRH, nos termos da Resolução nº 58, de 30 de janeiro de 2006, publicada no *Diário Oficial da União* em 8 de março de 2006, composto dos seguintes volumes:

I - Panorama e Estado dos Recursos Hídricos do Brasil.

II - Águas para o Futuro: Cenários para 2020.

III - Diretrizes.

IV - Programas Nacionais e Metas.

Esta resolução define que o detalhamento operativo dos programas e metas contidos no volume do inciso IV deverá ser coordenado pela Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente e submetido à aprovação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos até 31 de dezembro de 2007.

Uma das macrodiretrizes do subprograma “V.2. Compatibilização e Integração de Projetos Setoriais e Incorporação de Diretrizes de Interesse para a GIRH”, do “V. Programa de Articulação Intersetorial, Interinstitucional e Intra-institucional da Gestão de Recursos Hídricos” é avaliar as formas de implementar o art. 52 da Lei nº 9.433, de 1997 (p. 20 e 61 do v. 4 – Programas Nacionais e Metas).

Vale citar que também cabe ao Comitê de Bacia Hidrográfica, dentro de sua área de atuação, promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes e arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos, e ao CNRH promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com o planejamento nacional, regional estaduais e dos setores usuários e deliberar sobre os projetos de aproveitamento de recursos hídricos cujas repercussões extrapolem o âmbito dos estados em que serão implantados.

A Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, que dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas, estabelece que compete a ANA, na interface com o setor elétrico, entre outras:

- Outorgar, por intermédio de autorização, o direito de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio da União.
- Fiscalizar os usos de recursos hídricos nos corpos de água de domínio da União.
- Definir e fiscalizar as condições de operação de reservatórios por agentes públicos e privados, visando a garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos, conforme estabelecido nos planos de recursos hídricos das respectivas bacias hidrográficas. A definição das condições de operação de reservatórios de aproveitamentos hidroelétricos será efetuada em articulação com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).
- Promover a coordenação das atividades desenvolvidas no âmbito da rede hidrometeorológica nacional, em articulação com órgãos e entidades públicas ou privadas que a integram, ou que dela sejam usuárias.
- Organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

Define que nas outorgas de direito de uso de recursos hídricos de domínio da União, incluindo os aproveitamentos hidroelétricos, serão respeitados os seguintes limites de prazos, contados da data de publicação dos respectivos atos administrativos de autorização:

- Até dois anos, para início da implantação do empreendimento objeto da outorga.
- Até seis anos, para conclusão da implantação do empreendimento projetado.

- Até 35, para vigência da outorga de direito de uso.

Complementa estabelecendo que, no caso das outorgas de direito de uso de recursos hídricos para concessionárias e autorizadas de serviços públicos e de geração de energia hidrelétrica, os prazos serão coincidentes com os dos correspondentes contratos de concessão ou atos administrativos de autorização. Além disso, define que os prazos para início e para conclusão da implantação do empreendimento projetado poderão ser ampliados quando o porte e a importância social e econômica do empreendimento o justificar, ouvido o Conselho Nacional de Recursos Hídricos e o prazo de vigência a outorga poderá ser prorrogado pela ANA, respeitando-se as prioridades estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos.

A Lei nº 9.984, de 2000, determina que, para licitar a concessão ou autorizar o uso de potencial de energia hidráulica em corpo de água de domínio da União, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) deverá promover, junto à ANA, a prévia obtenção de declaração de reserva de disponibilidade hídrica. Quando o potencial hidráulico localizar-se em corpo de água de domínio dos Estados ou do Distrito Federal, a declaração de reserva de disponibilidade hídrica será obtida em articulação com a respectiva entidade gestora de recursos hídricos.

A declaração de reserva de disponibilidade hídrica será transformada, automaticamente, pelo respectivo poder outorgante, em outorga de direito de uso de recursos hídricos à instituição ou empresa que receber da ANEEL a concessão ou a autorização de uso do potencial de energia hidráulica.

De acordo com a Lei nº 10.847, de 15 de março de 2005, à EPE compete, dentre outras atribuições estabelecidas na citada lei, a obtenção da licença prévia ambiental e da declaração de disponibilidade hídrica, necessárias às licitações envolvendo empreendimentos de geração hidroelétrica e de transmissão de energia elétrica, selecionados pela empresa.

A Resolução nº 16 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), de 8 de maio de 2001, que estabelece diretrizes gerais para outorga de direito de uso de recursos hídricos, citando que a ANEEL deverá obter a declaração de reserva de disponibilidade hídrica para licitar a concessão ou autorizar o uso do potencial de energia hidráulica, e que esta declaração será transformada em outorga de direito de uso de recursos hídricos. Adicionalmente, a Resolução nº 37 do CNRH, de 26 de março de 2004, estabelece diretrizes mais específicas para a outorga de recursos hídricos para a implantação de barragens em corpos de água de domínio dos Estados, do Distrito Federal ou da União. Para efeito de sua aplicação, define:

- Vazão de restrição: Vazão que expressa os limites estabelecidos para que haja o atendimento satisfatório aos múltiplos usos dos recursos hídricos e que orienta a operação do reservatório.
- Plano de contingência: Conjunto de ações e procedimentos que define as medidas que visam a continuidade do atendimento aos usos múltiplos outorgados, observando as vazões de restrição.
- Plano de ação de emergência: Documento que contém os procedimentos para atuação em situações de emergência, bem como os mapas de inundação com indicação do alcance de ondas de cheia e respectivos tempos de chegada, resultantes da ruptura da barragem.
- Manifestação setorial: Ato administrativo emitido pelo setor governamental competente.

A Resolução nº 37 do CNRH destaca ainda que o interessado, na fase inicial de planejamento do empreendimento, deverá solicitar à respectiva autoridade outorgante a relação de documentos e o conteúdo dos estudos técnicos exigíveis para análise do correspondente requerimento de outorga de recursos hídricos e que a autoridade outorgante definirá o conteúdo dos estudos técnicos, considerando as fases de planejamento, projeto, construção e operação do empreendimento, formulando termo de referência que considere as características hidrológicas da bacia hidrográfica, porte da barragem, a finalidade da obra e do uso do recurso hídrico. A autoridade outorgante indicará ao interessado a necessidade e o momento da apresentação de documentos como, por exemplo, licenças ambientais, manifestações se-

toriais e planos de ação de emergência do empreendimento. Ressalta-se que a ausência da manifestação setorial, devidamente justificada, não poderá constituir impeditivo para o encaminhamento do requerimento e análise de outorga de recursos hídricos, cabendo à autoridade outorgante adotar medidas que forem adequadas para a continuidade da tramitação do processo.

As regras de operação dos reservatórios, o plano de ação de emergência e o plano de contingência poderão ser reavaliados pela autoridade outorgante, e mais especificamente pela ANA no que lhe couber, considerando-se os usos múltiplos, os riscos decorrentes de acidentes e os eventos hidrológicos críticos. Além disso, a resolução dispõe que o usuário deverá implantar e manter monitoramento do reservatório (montante e jusante), encaminhando à autoridade outorgante os dados observados ou medidos, na forma definida no ato de outorga.

A Resolução ANA nº 131, de 11 de março de 2003, dispõe sobre procedimentos referentes à emissão de declaração de reserva de disponibilidade hídrica e de outorga de direito de uso de recursos hídricos, para uso de potencial de energia hidráulica superior a 1 MW em corpo de água de domínio da União. Esta Resolução lista os documentos que a ANEEL deverá encaminhar à ANA para obtenção da referida declaração, limita o seu prazo de validade em até três anos, o qual pode ser renovado por igual período e dispensa os detentores de concessão e de autorização de uso de potencial de energia hidráulica, expedidas até 11 de março de 2003, da solicitação de outorga de direito de uso de recursos hídricos.

6.6 A Política Nacional de Meio Ambiente

São apresentados os principais instrumentos legais pertinentes aos aproveitamentos dos potenciais de energia hidráulica no que diz respeito ao tratamento dos aspectos ambientais e ao processo de licenciamento ambiental. Procurou-se evitar um detalhamento excessivo da legislação, trazendo à tona apenas questões de maior relevância.

A Legislação Ambiental Brasileira e os Aproveitamentos Hidroelétricos

A legislação ambiental brasileira é composta por instrumentos de comando e controle, preventivos, de promoção e de incentivo e fomento, apresentando importantes avanços, mesmo se considerada para a evolução do tema no âmbito internacional. A legislação brasileira está orientada para a valorização do incentivo às ações voluntárias, ao planejamento ambiental e à prevenção, rompendo o limite das ações corretivas e mitigadoras.

A Lei nº 6.938/81 instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Esta lei constituiu o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e instituiu o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental. Estabeleceu, dentre os instrumentos da Política:¹⁶

- Padrões de qualidade ambiental.
- O zoneamento ambiental.
- A avaliação de impactos ambientais.
- O licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras.

Esta lei estabelece que a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva e potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento de órgão estadual competente. Essas exigências, integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), em caráter supletivo, sem prejuízo de outras licenças exigíveis. Já no caso de atividades e

16 Lei nº 6938/81 – Art. 9º, incisos I a IV.

obras com significativo impacto ambiental, de âmbito nacional ou regional, o licenciamento compete ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).¹⁷

O licenciamento ambiental e a avaliação de impacto ambiental destacam-se como instrumentos de planejamento ambiental e de prevenção, sendo o processo de licenciamento ambiental das atividades que afetam o meio ambiente regulamentado, a partir de 1986, através da Resolução CONAMA-001, de 23 de janeiro de 1986. Esta resolução estabelece as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Esta resolução define também que o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10 MW, dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental – EIA e respectivo relatório de impacto ambiental – RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão competente.¹⁸

A Resolução CONAMA nº 006, de 16 de setembro de 1987, edita regras gerais para o licenciamento ambiental de obras de grande porte, especialmente aquelas nas quais a União tenha interesse relevante, com o intuito de harmonizar conceitos e linguagem entre os diversos intervenientes no processo. Em virtude da importância e da especificidade do ciclo de desenvolvimento dos projetos do setor elétrico, foram definidos procedimentos específicos para o licenciamento dos projetos setoriais. Assim, desde a análise de sua viabilidade, na fase inicial de estudos até sua implantação e operação, os empreendimentos hidroelétricos estão condicionados a uma seqüência de estudos e procedimentos, tendo em vista a concepção de projetos mais adequados ambientalmente.

O processo de licenciamento ambiental requer as seguintes licenças ambientais nas várias etapas de implantação de novos empreendimentos hidroelétricos:¹⁹

- Licença Prévia (LP) – Concedida na fase de planejamento do empreendimento, aprovando sua localização e concepção, atestando a sua viabilidade ambiental e estabelecendo requisitos e condicionantes a serem atendidos nas fases de localização, instalação e operação, observados os planos municipais, estaduais ou federais de uso do solo.
- Licença de Instalação (LI) – Visa autorizar o início da construção de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental, e demais condicionantes.
- Licença de Operação (LO) – Autoriza a operação do empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinadas para a operação. Desta forma, a concessão da LO vai depender do cumprimento daquilo que foi examinado e deferido nas fases de LP e LI.

As licenças ambientais poderão ser expedidas isolada ou sucessivamente, de acordo com a natureza, as características e fase do empreendimento ou atividade.

O EIA e o RIMA são o suporte para a concessão da Licença Prévia e devem ser elaborados na fase preliminar do planejamento do empreendimento, contendo os requisitos básicos ou essenciais, orientações, recomendações e limitações que deverão ser atendidas nas etapas de planejamento, instalação e operação do empreendimento. O projeto definitivo deverá atender às recomendações contidas no EIA/RIMA.

A Constituição Federal de 1988 impõe ao poder público a incumbência de “exigir, na forma da lei, para a instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação ao meio ambiente, estudo prévio ambiental, a que se dará publicidade” (art. 225, *caput* & 1, VI). Isto consolida o papel dos

17 Lei nº 6938/81 – Art. 10º.

18 Resolução CONAMA 001/86 – Art. 2º.

19 Resolução CONAMA 006/87 – Art. 4º.

estudos de impacto ambiental como instrumento preventivo da Política Nacional de Meio Ambiente e conferindo ao Ministério Público papel essencial na proteção do meio ambiente no Brasil.

Deve ser destacada a preocupação com a questão indígena manifestada na Constituição que, em seu art. 49, define como competência exclusiva do Congresso Nacional a autorização para a exploração e aproveitamento dos recursos hídricos em terras indígenas. No art. 231, parágrafo 3º, ao reconhecer aos índios os direitos originários sobre as terras que tradicionalmente ocupam, ratifica que “o aproveitamento dos recursos hídricos, incluídos os potenciais energéticos, a pesquisa e a lavra das riquezas minerais em terras indígenas só podem ser efetivados com a autorização do Congresso Nacional, ouvidas as comunidades afetadas, ficando-lhes assegurada participação nos resultados da lavra, na forma da lei.”, garantindo os direitos dessas populações.

A Resolução CONAMA 237/1997 altera a Resolução 001/1986, dispondo sobre o licenciamento ambiental. Esta resolução traz, dentre outros tópicos relevantes, a lista de empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental, ratificando que o licenciamento dependerá de EIA e RIMA, para os empreendimentos capazes de causar degradação ambiental, e estudos ambientais pertinentes, para os não potencialmente causadores de degradação.

Além das modificações e acréscimos à Resolução CONAMA nº 001/1986 e 006/1987, a Resolução CONAMA nº 237/1997 detalhou a competência dos órgãos ambientais, anteriormente mencionada na Lei nº 6.938/1981. Além disso, define não só as competências dos órgãos ambientais das diversas esferas federativas, mas também que os empreendimentos serão licenciados em um único nível de competência.

O art. 4º da citada resolução traz as hipóteses em que a competência para o licenciamento ambiental cabe ao órgão ambiental federal, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), sendo essas as atividades e empreendimentos com significativo impacto ambiental de âmbito nacional ou regional.

Em novembro de 2002 a Resolução nº 15 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) criou um Grupo de Trabalho para propor procedimentos e mecanismos visando assegurar que todos os empreendimentos destinados à expansão da oferta de energia elétrica disponham da Licença Prévia Ambiental, como condição para serem autorizados ou licitados, a partir de 2004. Nesse sentido, destaca-se que a Lei 10.487/2004 que autoriza a criação da EPE e define entre suas competências a obtenção da licença prévia ambiental e a declaração de disponibilidade hídrica necessárias às licitações de empreendimentos de geração hidroelétrica, selecionados pela EPE.

Cumpram também destacar que além destes instrumentos legais e normativos de caráter geral, no desenvolvimento dos estudos e projetos do setor elétrico deve ser especialmente considerada a legislação ambiental, nos níveis federal, estadual e municipal, tanto para licenciamento ambiental como para os diversos temas específicos relativos ao meio físico, biótico ou socioeconômico e cultural, tratados nos estudos ambientais.

Impõe-se, por fim, registrar que embora as Resoluções CONAMA nº 006/1987 e nº 237/1997 tenham, respectivamente, regulamentado e aperfeiçoado o licenciamento ambiental para obras de grande porte, sobretudo para os projetos do setor elétrico, o fizeram focando cada projeto isoladamente. Entretanto, ao longo do tempo e com a experiência vivida pelas empresas do setor verificou-se, para o caso dos aproveitamentos hidroelétricos, a necessidade de estudos socioambientais com abrangência suficiente para envolver o conjunto de projetos de uma mesma bacia hidrográfica, escopo pertinente à etapa de Estudos de Inventário no ciclo do planejamento setorial. A primeira iniciativa nessa direção foi tomada na oportunidade da revisão do Manual dos Estudos de Inventário, entre 1996 e 1997. Ali, a abordagem dos aspectos socioambientais, foi ampliada e aprofundada equiparando-se em importância às demais abordagens temáticas (de engenharia e econômica) no âmbito do processo decisório relativo à seleção dos aproveitamentos hidroelétricos para a composição da melhor alternativa de quedas.

Observa-se que a integração dos aspectos socioambientais desde as etapas iniciais do ciclo de planejamento vem sendo cada vez mais demandada. Como exemplo, podem ser citadas as análises relativas ao conjunto das prováveis interferências ocasionadas pelos aproveitamentos indicados na divisão de quedas selecionada, que vêm sendo solicitadas por órgãos ambientais e Ministério Público, resultando na realização de estudos de Avaliação Ambiental Integrada (AAI) para bacias que contam com aproveitamentos existentes, em construção e planejados.

No entanto, aperfeiçoamentos metodológicos dessa natureza constituem prática corrente no âmbito do setor elétrico e são sucessivamente incorporados à metodologia dos Estudos de Inventário em busca de sua otimização. Esses aperfeiçoamentos não conduziram, porém, até o momento, qualquer alteração na legislação ambiental, visto que a etapa de inventário antecede as etapas de estudos e projetos contemplados nos dispositivos legais que regulamentam o processo de licenciamento de cada empreendimento.

Não obstante, o estudo de aproveitamento hidroenergético de uma determinada bacia – que é de importância estratégica para o planejamento da oferta de energia do setor elétrico – também adquire relevância para a área ambiental. Mesmo sem estar incluída nos dispositivos legais, poderá conferir melhor qualidade ao processo de licenciamento ambiental, na medida em que os Estudos de Inventário contemplem uma avaliação ambiental integrada, a qual considera uma análise dos efeitos sinérgicos e cumulativos resultantes dos impactos ambientais ocasionados pelo conjunto dos aproveitamentos hidroelétricos no âmbito da bacia, que passarão a oferecer indicadores, parâmetros e diretrizes para orientar a elaboração dos estudos ambientais que instrumentalizem o licenciamento ambiental de cada empreendimento.



Anexos



ANEXOS

ANEXO A	661
Gráficos e Quadros dos Estudos Preliminares	
ANEXO B	663
Gráficos e Quadros dos Estudos Finais	
ANEXO C.	665
Planilhas de Dimensionamento e Quantificação	
ANEXO D	666
SINV Versão 6.0	
ANEXO E.	667
Ficha Técnica dos Aproveitamentos	
ANEXO F.	672
Avaliação Ambiental Integrada: Exemplo de Procedimentos Metodológicos	
ANEXO G	683
Formato do Arquivo de Vazões Mensais dos Aproveitamentos	

ANEXO A

Gráficos e Quadros dos Estudos Preliminares

Nome do Gráfico – ESTUDOS PRELIMINARES	Nome do Arquivo
TURBINAS HIDRÁULICAS Seleção do Tipo de Turbina	grfA01.pdf
BENFEITORIAS NA ÁREA DA USINA Custo Unitário	grfA02.pdf
DESVIO E CONTROLE DO RIO Custo Global das obras civis e equipamentos hidromecânicos	grfA03.pdf
BARRAGENS DE TERRA E DE ENROCAMENTO Custo por metro de comprimento de crista	grfA04.pdf
BARRAGEM DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO Custo por metro de crista	grfA05.pdf
BARRAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL Custo por metro de crista	grfA06.pdf
MUROS DE TRANSIÇÃO DE CONCRETO Custo Global	grfA07.pdf
VERTEDOURO EM CANAL (OGIVA BAIXA) OBRAS CIVIS – Custo Global	grfA08.pdf
VERTEDOURO TIPO BARRAGEM (OGIVA ALTA) EM CONCRETO COMPACTADO A ROLO – OBRAS CIVIS Custo por m ³ /s de capacidade	grfA09.pdf
VERTEDOURO TIPO BARRAGEM (OGIVA ALTA) EM CONCRETO CONVENCIONAL – OBRAS CIVIS Custo por m ³ /s de capacidade	grfA10.pdf
VERTEDOURO DE SUPERFÍCIE EQUIPAMENTOS HIDROMECAÑICOS E DE LEVANTAMENTO Custo Unitário	grfA11.pdf
TOMADA D'ÁGUA – OBRAS CIVIS Custo por bloco	grfA12.pdf
TOMADA D'ÁGUA – EQUIPAMENTOS P/ TURBINAS KAPLAN COM CAIXA SEMI-ESPIRAL EM CONCRETO Custo Global dos equipamentos hidromecânicos e de levantamento da tomada de água	grfA13.pdf
TOMADA D'ÁGUA – EQUIPAMENTOS PARA TURBINA BULBO Custo Global dos equipamentos hidromecânicos e de levantamento da tomada de água	grfA14doc
TOMADA D'ÁGUA – EQUIPAMENTOS PARA TURBINA FRANCIS OU KAPLAN COM CAIXA ESPIRAL EM AÇO Custo Global dos equipamentos hidromecânicos e de levantamento da tomada de água	grfA15.pdf
CANAIS DE ADUÇÃO Custo por metro	grfA16.pdf
TÚNEIS DE ADUÇÃO Custo por metro	grfA17.pdf
CONDUTOS FORÇADOS – OBRAS CIVIS E EQUIPAMENTOS Custo por metro (sem válvulas)	grfA18.pdf

Nome do Gráfico – ESTUDOS PRELIMINARES	Nome do Arquivo
TÚNEIS FORÇADOS – OBRAS CIVIS E EQUIPAMENTOS Custo por metro (sem válvulas)	grfA19.pdf
TURBINAS FRANCIS Custo Unitário	grfA20.pdf
TURBINAS KAPLAN COM CAIXA ESPIRAL EM AÇO Custo Unitário	grfA21.pdf
TURBINAS KAPLAN COM CAIXA SEMI-ESPIRAL EM CONCRETO Custo Unitário	grfA22.pdf
TURBINAS BULBO Custo Unitário	grfA23.pdf
HIDROGERADORES DE EIXO VERTICAL Custo Unitário	grfA24.pdf
HIDROGERADORES DE EIXO HORIZONTAL CONVENCIONAL Custo Unitário	grfA25.pdf
HIDROGERADORES DE EIXO HORIZONTAL DO TIPO BULBO Custo Unitário	grfA26.pdf
CUSTO TOTAL DAS OBRAS CIVIS DA CASA DE FORÇA Custo Global	grfA27.pdf
ESTRADAS DE RODAGEM Custos Unitários (R\$/km)	quadA01.pdf
ESTRADAS DE FERRO Custos Unitários	quadA02.pdf
PONTES RODOVIÁRIAS Custos Unitários (R\$/m ²)	quadA03.pdf

ANEXO B

Gráficos e Quadros dos Estudos Finais

Nome do Gráfico – ESTUDOS FINAIS	Nome do Arquivo
TURBINAS HIDRÁULICAS	grfB01.pdf
Seleção do Tipo de Turbina	
TURBINAS PELTON	grfB02.pdf
Velocidade Específica Inicial Métrica	
TURBINAS PELTON	grfB03.pdf
Coefficiente de Velocidade Periférica	
TURBINAS FRANCIS	grfB04.pdf
Velocidade Específica Inicial Métrica	
TURBINAS FRANCIS	grfB05.pdf
Coefficiente de Velocidade Periférica	
TURBINAS KAPLAN	grfB06.pdf
Velocidade Específica Inicial Métrica	
TURBINAS KAPLAN	grfB07.pdf
Coefficiente de Velocidade Periférica	
TURBINAS BULBO	grfB08.pdf
Velocidade Específica Inicial Métrica	
TURBINAS BULBO	grfB09.pdf
Coefficiente de Velocidade Periférica	
TURBINAS FRANCIS	grfB10.pdf
Custo Unitário	
TURBINAS KAPLAN COM CAIXA ESPIRAL EM AÇO	grfB11.pdf
Custo Unitário	
TURBINAS KAPLAN COM CAIXA SEMI-ESPIRAL EM CONCRETO	grfB12.pdf
Custo Unitário	
TURBINAS BULBO	grfB13.pdf
Custo Unitário	
HIDROGERADORES DE EIXO HORIZONTAL CONVENCIONAL	grfB14.pdf
Custo Unitário	
HIDROGERADORES DE EIXO HORIZONTAL DO TIPO BULBO	grfB15.pdf
Custo Unitário	
HIDROGERADORES DE EIXO VERTICAL	grfB16.pdf
Custo Unitário	
PONTE ROLANTE PRINCIPAL DA CASA DE FORÇA	grfB17.pdf
Custo Unitário	
PÓRTICO ROLANTE PRINCIPAL DA CASA DE FORÇA	grfB18.pdf
Custo Unitário	
BENFEITORIAS NA ÁREA DA USINA	grfB19.pdf
Custo Unitário	
INSTALAÇÕES E ACABAMENTOS DA CASA DE FORÇA	grfB20.pdf
Custo Unitário por MW instalado	

Nome do Gráfico – ESTUDOS FINAIS	Nome do Arquivo
COMPORTA SEGMENTO DO VERTEDOIRO DE SUPERFÍCIE Custo Unitário	grfB21.pdf
COMPORTA SEGMENTO DO VERTEDOIRO DE FUNDO Custo Unitário	grfB22.pdf
COMPORTA DO TIPO VAGÃO Custo Unitário	grfB23.pdf
COMPORTA ENSECADEIRA DE SUPERFÍCIE Custo Unitário	grfB24.pdf
COMPORTA ENSECADEIRA DE FUNDO Custo Unitário	grfB25.pdf
PÓRTICO ROLANTE DO VERTEDOIRO Custo Unitário	grfB26.pdf
PÓRTICO ROLANTE DA TOMADA DE ÁGUA Custo Unitário	grfB27.pdf
GRADES METÁLICAS DA TOMADA DE ÁGUA Custo Unitário	grfB28.pdf
VÁLVULA BORBOLETA Custo Unitário	grfB29.pdf
VÁLVULA ESFÉRICA Custo Unitário	grfB30.pdf
CONSTRUÇÃO DE CANTEIROS E ACAMPAMENTOS Custo Global	grfB31.pdf
MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DE CANTEIROS E ACAMPAMENTOS Custo Global	grfB32.pdf
ESCAVAÇÃO SUBTERRÂNEA EM ROCHA Custo por m ³	grfB33.pdf
ESTRADAS DE RODAGEM Custos Unitários (R\$/km)	quadB01.pdf
ESTRADAS DE FERRO Custos Unitários	quadB02.pdf
PONTES RODOVIÁRIAS Custos Unitários (R\$/m ²)	quadB03.pdf
TAXA DE JUROS DURANTE A CONSTRUÇÃO	quadB04.pdf

ANEXO C

Planilhas de Dimensionamento e Quantificação

Planilhas Eletrônicas – Estudos Finais	Nome do Arquivo
Orçamento Padrão – Estudos Preliminares	49ope.xls
Orçamento Padrão – Estudos Finais	56ope.xls
Custos Unitários	57punit.xls
Casa de Força – Turbinas Pelton	572p.xls
Casa de Força – Turbinas Francis Eixo Vertical	572fv.xls
Casa de Força – Turbinas Francis Eixo Horizontal	572fh.xls
Casa de Força – Turbinas Kaplan com Caixa Espiral de Aço	572ka.xls
Casa de Força – Turbinas Kaplan com Caixa Espiral de Concreto	572kc.xls
Casa de Força – Turbinas Bulbo	572b.xls
Ensecadeira para Desvio do Rio através de Túneis ou Galerias	573ert1.xls
Ensecadeira para Desvio do Rio em Várias Etapas	573ert2.xls
Canal de Desvio	573c.xls
Galeria de Desvio	573ga.xls
Túnel de Desvio	573td.xls
Barragem de Terra	574t.xls
Barragem de Enrocamento com Núcleo de Argila Vertical	574enav.xls
Barragem de Enrocamento com Núcleo de Argila Inclinado	574enai.xls
Barragem de Enrocamento com Face de Concreto	574efc.xls
Barragem de Concreto Convencional a Gravidade	574ccg.xls
Barragem de Concreto Convencional a Gravidade c/ Adufas	574ccgad.xls
Barragem de Concreto Compactado com Rolo	574ccr.xls
Barragem de Concreto Compactado com Rolo com Adufas de Desvio	574ccrad.xls
Transições e Muros de Concreto	574m.xls
Vertedouro de Ogiva Alta Controlado com Bacia de Dissipação	575cobd.xls
Vertedouro de Ogiva Alta Controlado com Bacia de Dissipação e Adufas de Desvio	575codba.xls
Vertedouro de Ogiva Alta Controlado com Salto de Esqui	575cose.xls
Vertedouro de Ogiva Alta Controlado com Salto de Esqui e Adufas de Desvio	575cosea.xls
Vertedouro de Encosta Controlado com Bacia de Dissipação	575coenb.xls
Vertedouro de Encosta Controlado com Salto de Esqui	575coens.xls
Vertedouro Livre de Ogiva Alta com Bacia de Dissipação	575lobd.xls
Vertedouro Livre de Ogiva Alta com Bacia de Dissipação e Adufas de Desvio	575lobda.xls
Vertedouro Livre de Ogiva Alta com Salto de Esqui	575lose.xls
Vertedouro Livre de Ogiva Alta com Salto de Esqui e Adufas de Desvio	575losea.xls
Vertedouro Livre de Encosta com Salto de Esqui	575loens.xls
Vertedouro Livre de Encosta com Bacia de Dissipação	575loenb.xls
Canal de Adução	576cn.xls
Tomada d'Água a Gravidade	576tg.xls
Conduto Adutor	576ca.xls
Chaminé de Equilíbrio	576ch.xls
Condutos Forçados sem Túnel de Adução e Chaminé de Equilíbrio	576cf.xls
Condutos Forçados com Túnel de Adução e Chaminé de Equilíbrio	576cfch.xls
Túneis Forçados sem Túnel de Adução e Chaminé de Equilíbrio	576tf.xls

ANEXO D

SINV Versão 6.0

CARACTERÍSTICAS

O SINV versão 6.0 possui 7 funções para os estudos energéticos:

- **Energia Firme:** Dada uma alternativa de divisão de quedas, calcula sua energia firme e de seus aproveitamentos.
- **Otimização dos Volumes Úteis:** Dada uma alternativa de divisão de quedas, determina o volume útil dos aproveitamentos que compõe a alternativa.
- **Dimensionamento Energético:** Dado um conjunto de alternativas de divisão de quedas, determina o volume útil, a altura de referência e a potência instalada dos aproveitamentos.
- **Verificação do Tempo de Reenchimento dos Volumes Úteis:** Verifica se o tempo para enchimento dos volumes úteis dos reservatórios de uma alternativa é menor ou igual a 36 meses imediatamente após o término do período crítico.
- **Elimina:** Dada uma alternativa de divisão de quedas, calcula o índice custo-benefício energético (ICB) dos aproveitamentos que compõe a alternativa e informa quais aproveitamentos tem ICB superior ao custo unitário de referência, para que o usuário possa eliminá-los da alternativa.
- **Avaliação Econômico-Energética:** Dado um conjunto de alternativas de divisão de quedas calcula o ICB das alternativas e ordena as alternativas segundo os seus ICB.
- **Ordena:** Após a seleção final da melhor alternativa de divisão de quedas, segundo o índice custo-benefício energético (ICB) e o índice de impacto socioambiental negativo (IA), ordena os aproveitamentos desta alternativa de acordo com os índices custo-benefício energético dos projetos (ICB).

As sete funções associadas aos estudos energéticos podem ser calculadas através de **procedimento simplificado**, quando se está na fase de **estudos preliminares** do Inventário, ou através de **simulação da operação**, na fase de **estudos finais** do Inventário.

Para os estudos socioambientais o SINV versão 6.0 dispõe de uma função para o cálculo dos impactos socioambientais negativos das alternativas (**Calcula Impacto Socioambiental**). Esta função possui dois procedimentos para o cálculo dos índices de impactos socioambientais das alternativas, um relativo aos estudos preliminares e outro associado aos estudos finais. Nos estudos preliminares são calculados apenas os índices de impactos socioambientais negativos, enquanto que, nos estudos finais, a função permite o cálculo dos índices de impactos socioambientais negativos e positivos.

Existem ainda duas funções para a seleção da melhor alternativa de divisão de quedas. Uma associada aos estudos preliminares (**Análise Multiobjetivo Preliminar**) e outra para os estudos finais (**Análise Multiobjetivo Final**). As duas funções seguem uma análise multiobjetivo.

ANEXO E

Ficha Técnica dos Aproveitamentos

Ficha Técnica dos Aproveitamentos – Inventário
1. IDENTIFICAÇÃO:
Nome do aproveitamento
Rio
Distância a Foz
Área de drenagem do aproveitamento
Área de drenagem da bacia
Infra-estrutura urbana: boa, média ou deficiente
Bacia
Sub-bacia
Latitude
Longitude
Estado(s)
Município(s)
Codínome
Situação na divisão de queda (integrante ou excluído)
Nome da usina de jusante
Tipo de Sistema
2. DADOS BÁSICOS:
2.1. Topografia:
2.1.1. Cartas geográficas disponíveis:
Entidade
Nome
Número
Escala
Data
2.1.2. Dados de sensoriamento remoto disponíveis:
2.1.2.1. Fotografias aéreas:
Contratante
Executor
Serviço
Faixa
Fotos
Escala
Data
2.1.2.2. Imagens Multiespectrais:
Entidade
Executor
Serviço
Escala
Data
2.1.2.3. Imagens de Radar:
Entidade
Executor

Ficha Técnica dos Aproveitamentos – Inventário
Serviço
Escala
Data
2.1.3. Mapeamentos aerofotogramétricos disponíveis:
Entidade
Executor
Contrato
Escala
Data
2.1.4. Mapeamentos topográficos disponíveis
Entidade
Executor
Contrato
Escala
Data
2.1.5. Outros serviços topográficos disponíveis: (poligonais, seções, nivelamentos etc):
Entidade
Executor
Contrato
Escala
Data
2.2. Geologia:
2.2.1. Reservatório:
Existem rochas ou feições geológicas que podem comprometer a estanquidade do reservatório?
() sim () não; descrição sucinta:
Existem encostas ou rochas que podem comprometer a estabilidade das encostas do reservatório?
() sim () não; descrição sucinta:
Existem evidências geotectônicas de que o reservatório pode sofrer influência de sismos naturais e/ou geral sismos induzidos?
() sim () não; descrição sucinta:
2.2.2. Eixo da barragem:
Espessura média estimada do recobrimento do solo:
No leito do rio:
Na margem direita do rio:
Na margem esquerda do rio:
Na ombreira direita na altura da crista:
Na ombreira esquerda na altura da crista:
Tipo de rocha predominante no local:
Existem feições geológicas que podem penalizar a implantação deste tipo de obra?
() sim () não; descrição sucinta:
2.2.3. Materiais naturais de construção, disponibilidade de:

Ficha Técnica dos Aproveitamentos – Inventário
Argila: () sim () não
Distância das áreas de empréstimo na margem direita
Distância das áreas de empréstimo na margem esquerda
Areia e cascalho: () sim () não
Distância da jazida
Rocha: () sim () não
Distância das pedreiras margem direita
Distância das pedreiras margem esquerda
2.3. Hidrometeorologia:
Classificação climática:
2.3.1. Temperaturas:
Máxima:
Mínima:
Média mensal
Trimestre mais quente:
Trimestre mais frio
2.3.2.
Evaporação líquida
2.3.3. Pluviometria:
Estações básicas utilizadas:
Código da estação
Latitude e longitude e altura
Nome
Período de observação
Área de drenagem
Precipitações médias mensais (12 valores)
Meses mais chuvosos
Meses mais secos
Órgão operador
2.3.4. Fluviometria:
Estação utilizadas
Órgão operador
Códigos
Nomes
Coordenadas (L,L,A)
Rio
Período de observação
Área de drenagem
2.3.5. Vazões e níveis d'água
MLT
Período da MLT
Vazão específica de longo termo
Máxima vazão média mensal
Mês da máxima vazão média mensal
Mínima vazão média mensal
Mês da mínima vazão média mensal
Máxima vazão diária observada
Vazão decamilenar
Vazão mínima defluente: refere-se à vazão estabelecida por restrições ambientais e/ou operacionais.

Ficha Técnica dos Aproveitamentos – Inventário
Série de vazões naturais médias mensais
NA da máx. vazão média obs.
Zero da régua
Mínima vazão média mensal
Data da min. vazão média obs.
NA da min. vazão média obs.
Zero da régua
Data da vazão decamilenar
NA da vazão decamilenar
Zero da régua
2.3.6. Reservatório:
Nível d'água máximo normal (Namáx)
Nível d'água mínimo normal (Namín)
Nível d'água médio (Naméd)
NA Normal de Jusante
Volume total
Volume útil
Somatória dos volumes úteis a montante
Depleção máxima
Volume corresp. à crista da soleira do vertedor
Nível d'água corresp. a ½ volume útil
Volume no NA mínimo normal
Cota da soleira do vertedor (m)
Área inundada no Namáx
Área inundada no Namín
Perda por evaporação
Perda devido a outros usos da água
Vazão regularizada líquida
Vazão regularizada bruta
Tempo de residência (dias)
3. PARÂMETROS ENERGÉTICOS:
Queda bruta máxima (Hb1)
Queda líquida máxima (H1)
Queda líquida média (H2)
Queda líquida mínima (Hb1)
Vazão média no período crítico (Qr)
Energia firme (Ef) [Mwmed]
Fator de capacidade de referência (Fk)
Potência de referência (Pr)
Potência instalada (P)
Queda de referência (m)
Perdas hidráulicas (m)
Canal de Fuga Médio (verificar definições e qual deles tem necessidade de constar na ficha)
NA Normal de Jusante
Pontos e PVC, PCA e PVN sugere-se que constem em todas as fichas os polinômios utilizados pelo projetista nos estudos energéticos, com observações sobre peculiaridades dos mesmos, quando necessário.
4. TERRENOS, RELOCAÇÕES E OUTRAS AÇÕES SÓCIO-AMBIENTAIS:
4.1. Terrenos e benfeitorias urbanas afetados:

Ficha Técnica dos Aproveitamentos – Inventário
Distrito
Município
Estado
População total
População afetada
População afetada (%)
Infra-estrutura urbana: boa, média ou deficiente
Padrão médio de edificação: () boa () média () deficiente
4.2. Terrenos e benfeitorias rurais afetados:
Município
Estado
Área total
Área afetada
Área afetada (%)
População total
População afetada
População afetada (%)
Lavouras
Pastagens
Campos
Matas
4.3. Comunidades indígenas e/ou outros grupos étnicos afetados:
Nome
Município
Estado
População total
População afetada
População afetada (%)
Área total
Área afetada
Área afetada (%)
4.4. Unidades de conservação e áreas de preservação permanente afetados:
Nome
Município
Estado
Área total
Área afetada
Área afetada (%)
4.5. Outras benfeitorias afetadas:
4.6. Relocações:
4.6.1. Estradas de rodagem:
Federais pavimentadas
Federais não pavimentadas
Estaduais pavimentadas
Estaduais não pavimentadas
Municipais pavimentadas
Municipais não pavimentadas
4.6.2. Estradas de Ferro:

Ficha Técnica dos Aproveitamentos – Inventário
Bitola
Extensão
4.6.3. Pontes:
Tipo
Extensão
4.6.4. Sistema de transmissão e distribuição:
Tensão
Tipo de torre
Extensão
4.6.5. Sistema de comunicação:
4.6.6. População:
Urbana
Rural
Comunidades indígenas e/ou outros grupos étnicos afetados
4.6.7. Outros:
Aeroporto
Porto fluvial
Outro
4.7. Outras ações socioambientais:
4.7.1. Limpeza do reservatório:
Área correspondente à depleção
Área total
Área a ser desmatada
Área a ser desmatada (%)
Tipo de vegetação
4.7.2. Unidades de conservação e áreas de preservação permanente criadas:
Nome
Município
Estado
Área total
Área comprada
Área comprada (%)
5. CASA DE FORÇA:
Tipo
Potência instalada (P)
Tipo de turbina
Número de unidades (N)
Potência de cada turbina (P1)
Potência de cada gerador (P1)
Velocidade síncrona (n)
Diâmetro do rotor (D3)
Rendimento do grupo turbina gerador
Descarga máxima turbinada (Qt)
Data de referência dos custos
Moeda corrente (na época)
Código de desembolso
Moeda usada para custos e cronograma de desembolso
Custo total de construção

Ficha Técnica dos Aproveitamentos – Inventário
Cronograma de desembolso
6. VILA DOS OPERADORES:
População prevista
Localização
7. DESVIO E CONTROLE DO RIO:
Vazão de desvio
Tempo de recorrência
Tipo de esquema
() Através de túneis () Através de adufas
() Através de galerias () Através de canal
7.1. Túneis:
Número de túneis
Localização
Uso exclusivo para desvio?
() sim () não
Forma da seção
Diâmetro
Comprimento
Descarga máxima por túnel
Velocidade máxima
7.2. Galerias:
Número de galerias
Localização
Altura
Largura
Descarga máxima por galeria
Velocidade máxima
7.3. Adufas:
Número de adufas
Localização
Altura
Largura
Descarga máxima por adufa
Velocidade máxima
7.4. Canal:
Localização
Profundidade
Largura
Comprimento
Descarga máxima
Velocidade máxima
8. BARRAGENS E DIQUES: (Na Ficha da viabilidade estão separados os itens barragens e diques.)
Tipo
Altura máxima
Comprimento
Altura média
Volume
9. TRANSIÇÕES E MURO DE CONCRETO:
Tipo

Ficha Técnica dos Aproveitamentos – Inventário
Altura máxima
Comprimento
Altura média
Volume
10. VERTEDOURO:
Tipo
Cheia de projeto
Tempo de recorrência
Altura máxima
Comprimento
Altura média
Volume
Número de comportas
Tipo de comporta
Largura das comportas
Altura das comportas
11. TOMADA D'ÁGUA E ADUTORAS:
11.1. Tomada d'Água:
Tipo
Altura máxima
Comprimento
Altura média
Volume
Número de tomadas
Descarga máxima por tomada
Número de comportas
Tipo de comporta
Largura das comportas
Altura das comportas
11.2. Conduto adutor de baixa pressão:
Tipo () canal () túnel
Número de túneis
Comprimento
Velocidade
Seção transversal
Vazão máxima por conduto
11.3. Chaminé de equilíbrio:
Tipo
Diâmetro
altura
11.4. Túnel sob pressão:
Vazão aduzida
Velocidade máxima
Diâmetro
Comprimento
Comprimento do trecho revestido
Volume de escavação em rocha
Comprimento do trecho não revestido
Volume de escavação em solo

Ficha Técnica dos Aproveitamentos – Inventário
11.5. Conduto forçado:
Tipo:
Número de condutos:
Comprimento unitário médio:
Diâmetro
Vazão por conduto
Velocidade máxima
11.6. Canal de fuga:
Vazão
Velocidade máxima
Volume de escavação comum
Comprimento
Volume de escavação em rocha
Profundidade
largura
11.7. Túnel de fuga:
Vazão

Ficha Técnica dos Aproveitamentos – Inventário
Velocidade máxima
Volume de escavação comum
Comprimento
Volume de escavação em solo
12. ACESSO AO LOCAL DAS OBRAS:
12.1. Estradas de rodagem:
Tipo
Comprimento
12.2. Estradas de ferro:
Tipo
Comprimento
12.3. Pontes:
Tipo
Comprimento
12.4. Aeroporto:
Tipo
Comprimento

ANEXO F

Avaliação Ambiental Integrada: Exemplo de Procedimentos Metodológicos

Apresenta-se, a seguir, a título de sugestão, um resumo de metodologia para a elaboração de uma AAI. Cabe esclarecer que esta metodologia foi aplicada, com êxito, em três dos estudos de AAI desenvolvidos pela EPE/Sondotécnica (2007).¹

Caracterização da Área de Estudo

Esta etapa tem seu foco orientado para a elaboração de um cenário atual da bacia, buscando identificar as áreas ambientalmente mais sensíveis às intervenções humanas e já tentando antever os principais impactos associados à implantação das UHEs. Para atingir seus objetivos, a Caracterização deve procurar:

- Identificar os aspectos sociais, ambientais e econômicos relevantes da bacia.
- Selecionar indicadores adequados para cada tema a ser avaliado, visando uma caracterização socioambiental geral e abrangente da área de estudo.
- Obter as informações necessárias, incluindo consultas a bases de dados, estudos ambientais de inventário, avaliação da literatura científica, levantamentos de campo, entrevistas, etc.
- Sistematizar espacialmente as informações obtidas em mapeamentos temáticos, por meio de um Sistema de Informações Geográficas, orientando seu uso nas etapas posteriores por meio da sobreposição de mapas e análises multicritério, e permitindo que as informações mapeadas sejam utilizadas na análise de sensibilidade ambiental.
- Analisar a incidência espacial das informações, resultando na identificação de subunidades espaciais de análise, principalmente para regiões mais extensas e complexas, para facilitar a análise temática ou a integração de temas, e por conseqüência, a identificação de áreas de sensibilidades.
- Descrever o contexto socioambiental da bacia de um ponto de vista macrorregional, inclusive com a identificação inicial dos principais conflitos encontrados e dos aspectos relevantes que subsidiaram seleção das variáveis e a montagem de indicadores que expressem a sensibilidade ambiental dos grandes temas do estudo no âmbito do sistema ambiental e de seus componentes-síntese.

A caracterização ambiental deve propiciar a identificação dos temas mais relevantes para a avaliação de impactos ambientais e para o estudo de cenários prospectivos, levando em conta não apenas os aspectos socioambientais relativos à área estudada, mas, sempre que pertinente, seus reflexos em processos macrorregionais com que os empreendimentos estudados se relacionam mais significativamente.

Da mesma forma, os conflitos identificados nessa etapa estarão principalmente voltados para a escala regional (área da bacia), mas também podem se referir a escalas locais ou microrregionais na medida em que sejam importantes para a tomada de decisão, tendo em vista interesses nacionais, regionais e locais.

¹ Além desses estudos de AAI, estão também disponíveis para consulta no *site* da EPE outros estudos que usaram metodologias com algumas diferenças desta. (<http://epe.gov.br/Lists/MeioAmbiente/MeioAmbiente.aspx>)

Nessa etapa devem, portanto, ser identificadas:

- As questões socioambientais relevantes na situação atual (processos socioambientais existentes).
- As tendências evolutivas das questões socioambientais relevantes e de seu reatamento espacial.
- Os agentes sociais envolvidos em cada uma das questões socioambientais e conflitos relevantes.
- As unidades espaciais de análise.
- Os indicadores de sensibilidade socioambiental.
- O mapeamento desses indicadores de modo a se obter as áreas de sensibilidade na bacia hidrográfica.

Instrumental técnico de apoio

A arquitetura do SIG, instrumental técnico de apoio aos procedimentos metodológicos, deve ser desenvolvida desde o início da Caracterização, o que permitirá a sistematização e análise de todo o acervo de dados e informações que levarão à identificação dos aspectos relevantes, base para a montagem dos indicadores de sensibilidade. As principais etapas de estruturação do SIG são: (i) composição das bases planialtimétricas e mapeamentos temáticos na Caracterização; (ii) mapeamentos e ajustes baseados em imagens e (iii) integração de informações estatísticas à base de mapas.

Avaliação Ambiental Distribuída

Indicadores de Sensibilidade

Composição da Sensibilidade Ambiental: desenvolvida a partir dos aspectos relevantes obtidos na etapa 1 – Diagnóstico/Caracterização, tem por objetivo compor um conjunto de Indicadores de Sensibilidade Ambiental (ISA), baseados em variáveis que representam as condições naturais e o estado atual de conservação ou degradação dos recursos naturais da região.

Com base nos Indicadores de Sensibilidade procede-se à montagem de uma Matriz de Indicadores de forma a permitir a inserção e hierarquização das variáveis. A matriz constitui-se, portanto, num conjunto de avaliações progressivas que resultam em uma tabela de referências para a leitura das informações produzidas pelos estudos ambientais, segundo um sistema de avaliação comparativa, balizado por critérios de hierarquização e ponderação. A Matriz de Indicadores é uma das ferramentas utilizadas na avaliação direcionada para a produção de mapas e diagramas capazes de representar as condições ambientais da bacia.

A partir dessas definições iniciais, devem ser realizadas reuniões multidisciplinares para a ponderação das variáveis e sua posterior reclassificação nos mapeamentos temáticos da base de dados do SIG. Os resultados da construção dos ISA poderão, então, ser expressos por meio de mapas, nos quais é possível observar os gradientes de sensibilidade, de acordo com os parâmetros definidos.

A seqüência apresentada na Figura 1 mostra os principais passos no processo de avaliação dos ISA.



Figura 1 – esquema das atividades de desenvolvimento da avaliação dos ISAs.

Os itens seguintes apresentam, passo a passo, as atividades que integram os principais passos da avaliação dos ISA.

Seleção dos Indicadores de Sensibilidade

A atividade inicial desta fase visa consolidar um conjunto de Indicadores de Sensibilidade Ambiental apresentados no item “Aspectos Relevantes” do Relatório de Caracterização da AAI. Contudo, esses ISA desenvolvidos para cada tema e subtema apresentam ainda diferenças conceituais de magnitude, escala e escopo, necessitando de ajustes que permitam sua incorporação ao sistema de análise.

A seleção dos ISA será, portanto, apoiada por uma avaliação de consistência onde se observam os seguintes pontos:

- Necessidade de minimizar a sobreposição de informações ambientais.
- Garantir o máximo de objetividade nos mapeamentos.
- Observar a disponibilidade de informações e avaliar a consistência do indicador em termos de representatividade.
- Observar as principais interfaces com o objetivo geral do trabalho (avaliar os impactos cumulativos dos AHEs da Bacia).
- Avaliar a possibilidade de espacialização das informações e extrapolação temporal.

A consolidação final dos ISA partirá de uma listagem inicial de indicadores, conforme apresentada na Caracterização, sendo reduzida a um número menor de indicadores. Muitos poderão ser agrupados e alguns suprimidos em função da avaliação realizada.

Composição da Matriz de Indicadores

A Caracterização, além de oferecer uma compreensão das questões socioambientais gerais da bacia, permite a organização de banco de dados temáticos em um ambiente SIG, disponibilizando uma série de informações detalhadas, estruturadas e espacializadas sobre os aspectos ambientais estudados. Esse conjunto de informações servirá como base para a seleção das variáveis para a composição dos ISA.

A composição da Matriz inicia-se, portanto, com a seleção das variáveis que compõem cada ISA, observando alguns aspectos como o Tipo e o Peso de cada uma na composição.

A Figura 2 mostra a representação geral da Matriz de ISA, explicitando a forma como as variáveis devem ser incorporadas na composição de cada indicador, bem como os principais passos que permitirão sua avaliação por meio de um sistema de definição de pesos e graus.

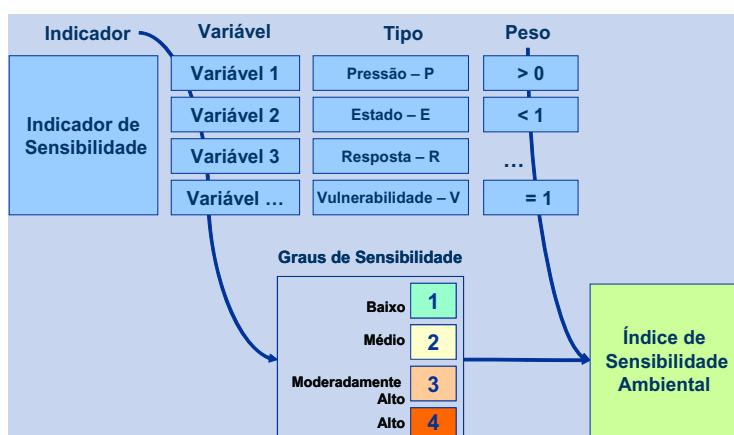


Figura 2 – Componentes da matriz de indicadores de sensibilidade.

Definição dos Tipos de Variáveis

A composição de variáveis ambientais deve ser baseada na metodologia do sistema de composição de Indicadores Ambientais da OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development*), que fornece mecanismos de controle e monitoramento ambiental para países associados. O Sistema da OECD é baseado em indicadores ambientais que avaliam as condições de integridade, pressão e interesse social de preservação dos principais recursos naturais usados pelo homem. Essa metodologia é baseada no Sistema PSR (PER) – *Pressure, State and Response* (Pressão, Estado e Resposta abaixo descritos) e usada na escolha das melhores variáveis a serem acompanhadas e avaliadas para um diagnóstico das condições ambientais, em diferentes ambientes e ecossistemas.

- **Indicadores de Pressão (P)**, além de identificar os principais recursos naturais usados pela sociedade, indicam as condições de Preservação e Degradação dos Ambientes, buscando ser orientados, quando possível, para a identificação da Capacidade de Suporte dos Recursos Naturais.
- **Indicadores de Estado (E)**: associados à condição natural dos recursos, identificam a qualidade dos ambientes, ou seja, estão associados a elementos, tais como diversidade biológica, tamanho dos remanescentes florestais, estoques, entre outros.
- **Indicadores de Resposta (R)**: identificam mecanismos e, quando possível, o grau de eficiência dos mecanismos criados pela sociedade usados para a fiscalização, controle e/ou recuperação de determinados recursos.

Além desses Indicadores, propõe-se, ainda, outro indicador capaz de identificar condições especiais de vulnerabilidade presentes em determinados ambientes. Essa classificação é incorporada de forma a contribuir para a objetividade do processo de hierarquização das variáveis, tornando-se o principal elemento classificador do sistema de pesos das variáveis.

- P – pressão: Níveis de Conservação ou Degradação;
- E – estado: Qualidade dos Ambientes Naturais;
- R – resposta Social: Mecanismos de Controle;
- V – vulnerabilidade: Condições Especiais, tais como Áreas Indígenas e Unidades de Conservação.

Ponderação (pesos) das Variáveis

A partir da definição e identificação do tipo de variável utilizada na composição dos indicadores, são iniciadas as etapas de ponderação e hierarquização das variáveis. Para definir o índice de cada ISA, os pesos devem ser atribuídos numericamente, visando converter a escala de sensibilidade ambiental em uma escala comparável. Nesse sentido, os pesos são estabelecidos de forma a indicar a importância que cada variável possui na composição, para a compreensão da variação, na escala de sensibilidade dos ISAs, definindo, em última análise, quais áreas apresentam condições de sensibilidade.

Definição dos Graus de Sensibilidade

Para a definição dos graus de sensibilidade de cada variável, é necessário recorrer à escala de variação das informações dos bancos de dados de cada variável e buscar, nesta mesma escala, referências que possam determinar quais “faixas” permitem a identificação dos graus de sensibilidade, conforme mostra o esquema apresentado na Figura 3 a seguir.

Cada variável possui uma escala própria de valores e, para a seleção das faixas de valores que definem quais são os parâmetros de sensibilidade, é necessário que se recorra sempre às referências para tais parâmetros.



Figura 3 – Esquema de representação para definição dos graus de sensibilidade.

A construção dos Indicadores de Sensibilidade Ambiental pode apresentar uma série de vantagens que garantem a consecução de alguns dos principais objetivos do trabalho. A partir da estruturação de um conjunto de ferramentas de análise, é possível, por meio dos ISA, realizar as atividades das diversas fases da AAI. Dentre as principais vantagens na utilização dos ISA, destacam-se:

- Representar, por meio de mapas, as diferentes faixas de sensibilidade dos aspectos ambientais, segundo as escalas de trabalho propostas, evitando-se generalizações espaciais que mascarem as diferenças e heterogeneidades locais mediante as regionalizações.
- Manter, nas matrizes e mapeamentos, a memória das informações da Caracterização uma vez que a representação nos mapeamentos dos ISA é realizada com a reclassificação dos bancos de dados dos mapeamentos temáticos, sendo que as informações permanecem acessíveis no SIG durante todo o processo de avaliação.
- Identificar as áreas de Fragilidade e Potencialidade dentro da bacia e dentro de cada subárea.

Mapeamento dos Indicadores

A composição de um SIG que permita a integração dos diversos elementos que compõem os Indicadores de Sensibilidade Ambiental, deve ser baseada nos mapeamentos realizados na Caracterização.

Dessa forma, os mapeamentos compostos por elementos geográficos, associados a bancos de dados com informações sobre os diversos temas ambientais, permitem a integração dos componentes da AAD, especialmente por meio da reestruturação dos bancos de dados com informações sobre pesos e graus, determinando a integração dos atributos à plataforma do SIG.

A partir da reestruturação dos bancos de dados, devem ser, então, realizados cruzamentos entre os mapeamentos temáticos, através da sobreposição geográfica das informações, onde os atributos já ponderados e com valores escalonados dos graus de sensibilidade podem ser somados, definindo a apresentação dos indicadores com as sensibilidades representadas nos mapas.

Integração dos Indicadores por Temas

A integração dos Indicadores de Sensibilidade pelos temas propostos no estudo (recursos hídricos e ecossistemas aquáticos, meio físico e ecossistemas terrestres e socioeconomia) é realizada a partir da interseção dos mapas de sensibilidade, conforme sua identificação. Assim, o Quadro 1 apresenta um exemplo para determinada bacia.

Quadro 1 – Lista de indicadores de sensibilidade por tema de integração.

INDICADOR	TEMA DE INTEGRAÇÃO
Sensibilidade da qualidade da água Sensibilidade a conflitos de uso d'água Sensibilidade dos ambientes aquáticos	Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos
Sensibilidade geológico-geotécnica Sensibilidade a erosão dos solos Sensibilidade dos ecossistemas terrestres	Meio Físico e Ecossistemas Terrestres
Sensibilidade de pressão populacional Sensibilidade das condições de vida Sensibilidade aos conflitos de uso do solo (agricultura) Sensibilidade do Patrimônio Natural, Arqueológico, Histórico e Cultural Sensibilidade a alteração ou desarticulação das comunidades Sensibilidade ao comprometimento da atividade econômica Sensibilidade da Organização Social e Territorial	Socioeconomia

Os mapeamentos de potencialidades não são integrados, uma vez que têm naturezas temáticas diferenciadas.

A integração dos indicadores por temas gera três representações, baseados na **soma** dos ISA agrupados. A representação baseada na soma ponderada dos ISA pode ser entendida como uma sobreposição espacial das sensibilidades.

A integração entre os mapeamentos de cada um dos temas deve ser realizada obedecendo critérios distintos, conforme as características da bacia.

As áreas onde ocorre uma incidência conjunta de elementos de alta sensibilidade caracterizam-se como áreas de sensibilidade.

Na representação integrada da potencialidade, deve ser considerado o indicador socioeconômico. As faixas de maior sensibilidade de potencialidade socioeconômica representam características locais capazes de potencializar os impactos positivos.

Indicadores de Impacto

A Avaliação de Impactos Ambientais, elaborada na etapa dos Estudos Preliminares do Inventário deve ser concentrada nas informações sobre as principais características dos aproveitamentos analisados buscando associar e dimensionar os potenciais elementos impactantes de cada um deles. Assim, além de listar e selecionar o conjunto de impactos potenciais, devem ser atribuídos valores para a mensuração de cada impacto para cada um dos empreendimentos estudados. O Figura 4 mostra as principais etapas, atividades e ferramentas usadas no processo de avaliação dos impactos potenciais.

A Avaliação de Impactos tem por objetivo identificar, dentro do conjunto de impactos e aproveitamentos estudados, aspectos que possam diferenciar a intensidade da manifestação desses impactos e a abrangência dos seus efeitos. Para tanto, foram definidas as seguintes diretrizes:

- Diferenciar a intensidade de acordo com cada empreendimento: uma vez que os aproveitamentos potenciais da bacia apresentam particularidades tais como características em relação ao tamanho, volume do reservatório, capacidade de regularização e outros aspectos que os diferenciam fazendo-se necessário considerar tais variações no bojo da análise.

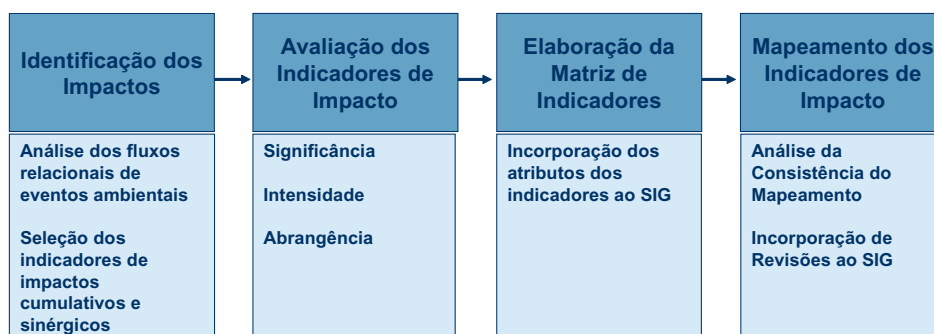


Figura 4 – Esquema de desenvolvimento da análise de impacto.

- Hierarquizar os impactos de acordo com sua Importância e Significância: cada impacto possui uma condição diferenciada em função da sua potencialidade de gerar efeitos cumulativos e sinérgicos, bem como na natureza de sua manifestação e forma de incidência, entre outros aspectos.
- Espacializar os efeitos através da representação geográfica, de acordo com os recortes espaciais dos recursos diretamente associados aos impactos identificados, de forma a perceber as interações espaciais dos impactos.
- Avaliar a Cumulatividade e a Sinergia entre os empreendimentos, observando quais efeitos adicionais podem ser gerados pelos aproveitamentos em questão.

São apresentadas, a seguir, as principais etapas de desenvolvimento da Avaliação dos Impactos Ambientais que compõem a AAD.

Identificação dos Impactos Ambientais

Os impactos associados aos AHE devem ser inferidos a partir de uma matriz de associação chamada FREA (Fluxo Relacional de Eventos Ambientais), que considera a relação entre cada fase de desenvolvimento e os principais impactos associados.

A composição dos FREA tem como objetivo listar os impactos potenciais que podem ocorrer durante a implantação ou operação de empreendimentos hidrelétricos.

As redes de interação permitem identificar os eventos responsáveis pelas transformações ambientais mais importantes. O FREA é um modelo de inferência que permite a identificação de um conjunto mais abrangente de impactos, possibilitando a definição de um universo sobre o qual são aplicados critérios de seleção para determinar que impactos são os mais relevantes para o processo que se pretende analisar.

Seleção de Impactos Ambientais

A partir de um conjunto inicial de Impactos, são realizadas análises com o objetivo de agrupá-los ou eliminá-los em função das características dos impactos. Assim, no processo de seleção, devem ser usados os seguintes:

- Identificação dos impactos permanentes ou de longa duração. Devem ser descartados os impactos temporários na medida em que se mostram pouco relevantes na escala temporal usada que é de, no mínimo, 10 anos.
- Identificação dos impactos com abrangência espacial diferenciada dentro da Bacia, já que os que têm uma abrangência que a extrapola não permitem uma diferenciação comparativa.
- Identificação dos impactos que podem ser objetivamente distinguíveis, ou seja, que possam ser mensurados na escala de trabalho exigida para o estudo. Assim, impactos de incidência local, sem nenhum

tipo de representação, seja por cumulatividade, seja por sinergia, com outros espaços, foram também descartados.

A Figura 5 apresenta, de forma esquemática, o processo de seleção de impactos, de acordo com a metodologia descrita nesta seção.

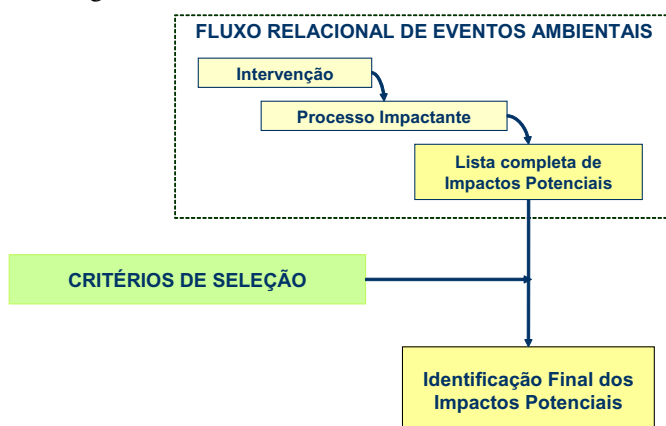


Figura 5 – Esquema geral de seleção de impactos.

Avaliação dos Impactos Ambientais

De acordo com as informações de cada impacto, a análise ambiental a ser realizada constitui-se em uma avaliação da significância, abrangência e intensidade dos impactos ambientais relacionados a cada empreendimento existente.

A Significância de um determinado impacto é assumida como o valor que expressa a manifestação desse impacto sobre o ambiente. Para definição da Significância, levam-se em consideração a magnitude, a intensidade e a importância do impacto ambiental, avaliada por meio dos atributos dos impactos e da percepção e experiência dos técnicos de equipe multidisciplinar.

A Magnitude é expressa por atributos do impacto que consideram a indução de pequenas ou grandes, e rápidas ou lentas mudanças na qualidade ambiental, na área onde se manifestam. Desse modo, a metodologia considera a análise objetiva de três atributos: forma de incidência (impacto direto ou indireto); distributividade (impacto local ou regional) e tempo de incidência (impacto imediato ou mediato: a médio ou longo prazo).

Um segundo momento dessa avaliação pretende justamente diferenciar os impactos por empreendimentos, de acordo com algumas de suas características básicas, permitindo uma visão mais precisa da diferença na participação de cada um dos empreendimentos na interação entre os impactos. A seguir, são descritas as principais características utilizadas na avaliação dos indicadores de impactos e como foram estabelecidos os graus a partir do conjunto de usinas da Bacia.

Regime de Operação – Diferencia Usinas que operam retendo o fluxo hídrico (reservatórios de regularização) ou à fio d'água.

Tempo de Residência – Mede o tempo médio de retenção de água no reservatório.

Vazão Remanescente – É a vazão média liberada a jusante após o esforço de regularização.

Capacidade de Regularização – Mede em percentual a eficiência de retenção.

Potência – Mede a capacidade instalada das turbinas.

Amortecimento de Cheias – Identifica a capacidade de contenção de cheias cíclicas naturais do rio.

Área do Reservatório – Descreve a área coberta pela lâmina d'água.

Trecho de Vazão Reduzida – Identifica e mensura a distância onde a vazão é reduzida pela utilização de um canal de desvio ou outro componente similar.

Altura da Barragem – Descreve a altura da queda d'água no ponto de barramento.

Elaboração da Matriz de Indicadores de Efeitos Sinérgicos e Cumulativos

A Matriz de Indicadores é um conjunto de tabelas de avaliação associadas, que permitem a transposição das avaliações em suas diversas fases para os mapeamentos. Assim, parte-se de um conjunto de informações e principais características das usinas existentes e planejadas para a bacia, passando pela avaliação da significância, a determinação da abrangência e a seleção do tipo de indicador de intensidade usado para cada um dos impactos. Um esquema dos componentes da Matriz é apresentado na Figura 6.

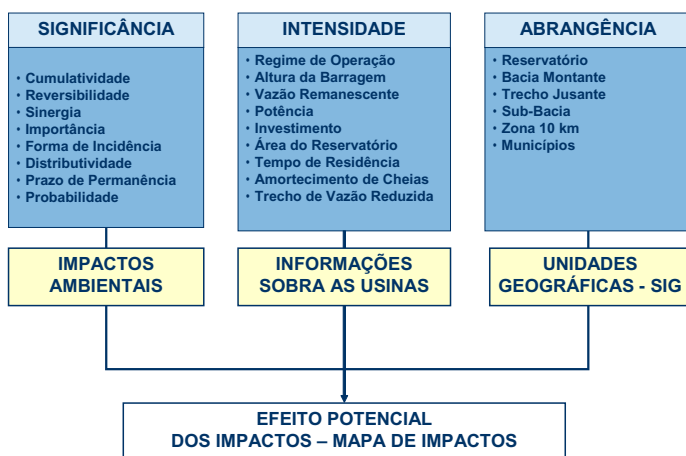


Figura 6 – Esquema de organização do fluxo de informações na Matriz de Impactos.

A partir dessas definições, são realizados agrupamentos dos valores aferidos em cada impacto de acordo com a representação espacial da abrangência de seus efeitos que permitirão a sua associação no conjunto de mapeamentos que compõe a AAD.

Mapeamento dos Indicadores de Impacto

A representação espacial dos impactos é realizada a partir da identificação dos elementos geográficos que podem melhor representar os recursos naturais envolvidos diretamente em cada impacto ambiental. Para tal representação, foi desenvolvido o conceito de “abrangência”.

O critério da abrangência de cada impacto permite a identificação de manifestação espacial dos efeitos de cada impacto, possibilitando a integração do elemento “Indicador de Impacto” ao SIG, bem como sua análise integrada com a Sensibilidade.

Assim, devem ser estabelecidas, preliminarmente, algumas “abrangências” possíveis às quais os impactos pudessem ser associados, mesmo que de forma conservadora, ou seja, considerando-se os piores cenários.

Reservatório: Refere-se aos efeitos restritos ao reservatório ou ao território a ser ocupado pela sua formação.

Bacia Montante: Compreende toda a rede hidrográfica de contribuintes na formação do reservatório.

Trecho Jusante: Compreende uma faixa de 10 km no entorno do trecho jusante ao barramento até o remanso do reservatório do próximo empreendimento nesta direção.

Sub-bacia: Associa toda a sub-bacia onde se insere o empreendimento.

Buffer 10 km no reservatório: É definido por uma área de 10 km no entorno do reservatório, adotando-se o mesmo princípio que define a área de amortecimento das Unidades de Conservação definidas no SNUC.

Municípios: Abrange os municípios sob influência direta de cada empreendimento, ou seja, aqueles cujo território é parcialmente inundado pela formação do reservatório.

Com base na metodologia apresentada, deve ser elaborada a Análise dos Impactos Ambientais gerados pelos empreendimentos hidrelétricos existentes, buscando-se avaliar a evolução desses impactos desde o momento em que se manifestaram até a situação atual.

Análise dos Efeitos Cumulativos e Sinérgicos

A Avaliação dos Efeitos Cumulativos e Sinérgicos deve considerar como base os cruzamentos realizados entre o Mapeamento da Sensibilidade Ambiental e os Indicadores de Impacto. A espacialização geográfica dos dois indicadores permitiu observar as principais relações entre os diversos impactos analisados no estudo, especialmente identificar as áreas onde existe maior superposição destes efeitos.

A partir desta representação espacial, devem ser verificados dois aspectos:

Em relação à Cumulatividade: Observa-se a cumulatividade espacial, ou seja, aquela manifestada pela combinação de efeitos de sobreposição.

Em relação à Sinergia: Deve ser obtida por meio da construção e avaliação da matriz de inter-relação de impactos, isto é, deve ser quantificada pelo número de correlações de sinergia entre impactos obtida de uma matriz cujas linhas e colunas são os impactos identificados com base na experiência dos empreendimentos já implantados. Isto é, quanto maior o número de sinergias, contabilizado na matriz, maior seria o efeito sinérgico de cada impacto.

Para a realização dessas análises, devem ser selecionados alguns métodos, tais como:

- a) sistema de informações geográficas;
- b) redes de análise (de diagramas);
- c) análise biogeográfica;
- d) análise da capacidade de assimilação (limites e constrangimentos).

Avaliação Ambiental Integrada

Cenários Prospectivos

O cenário atual resgatado da etapa de caracterização socioambiental da bacia e representado pelas áreas de sensibilidade é o cenário de referência a partir do qual serão elaborados os cenários prospectivos, sem e com os aproveitamentos da melhor alternativa de partição de quedas da bacia. Na etapa da AAI, estes cenários projetam as tendências de desenvolvimento socioeconômico e as perspectivas de degradação/conservação ambiental, confrontando-as com as perspectivas de ampliação da oferta de energia por meio da implantação dos aproveitamentos hidrelétricos em construção e planejados na bacia.

A montagem dos cenários prospectivos é composta por sete principais atividades:

- Modelagem de geração de cenários socioeconômicos de referência, a partir da utilização de modelos de dinâmica de sistemas, como por exemplo, da ferramenta de apoio STELLA (*High Performance Systems*, 1997).
- Levantamento dos principais cenários de geração de energia elétrica.
- Formulação da sistemática da avaliação dos efeitos sinérgicos e acumulativos.
- Cruzamento das fragilidades e potencialidades dos cenários socioeconômicos de referência aplicados aos principais efeitos sinérgicos e acumulativos, esperados para os conjuntos de aproveitamentos hidrelétricos previstos para bacia.
- Análise dos mapas de fragilidade e potencialidade gerados no cenário prospectivo com os aproveitamentos, resultado do cruzamento fragilidades e potencialidades com os principais efeitos sinérgicos e acumulativos.

Diretrizes e Recomendações

A proposição de diretrizes e recomendações socioambientais para o setor elétrico e outros órgãos públicos e privados atuantes na bacia, para cada uma das subáreas que compõem a bacia hidrográfica estudada devem ser concebidas considerando a utilização de recursos hídricos e do solo, a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais e indicadores e critérios de sustentabilidade.

*Este livro foi produzido pela
E-papers Serviços Editoriais Ltda.*

Projeto gráfico
Ana Claudia Ribeiro

Diagramação
Livia Krykthine

Produção editorial
Rodrigo Reis

Padronização de textos
Elisa Sankuevitz

Fotos

- Capa: Vertedouro da Usina de Tucuruí (Acervo do Grupo Eletrobrás)
p. 17: Rio sinuoso (Acervo do Grupo Eletrobrás)
p. 33: Obras da futura UHE Simplício (Marcos Pinto – Acervo de Furnas)
p. 61: Área do Canal de Fuga da AHE Simplício, casa de força (Marcos Pinto – Acervo de Furnas)
p.79: Usina de Itaipu (Acervo do Grupo Eletrobrás)
p. 187: Usina Porto Colômbia (Acervo do Grupo Eletrobrás)
p. 595: Usina de Furnas: vista aérea da usina com vertedouro aberto (Roberto Rosa – Acervo de Furnas)
p. 607: Usina de Marimbondo (Acervo do Grupo Eletrobrás)
p. 619: Usina de Tucuruí (Acervo do Grupo Eletrobrás)
p. 659: Usina Luiz Carlos Barreto de Carvalho, com o vertedouro aberto (Aluisio de Souza – Acervo de Furnas)

Impresso na gráfica RR Donnelley, em São Paulo, Brasil,
em novembro de 2007.

Ministério de
Minas e Energia



9 788576 501374