



# *Usina Hidrelétrica Machadinho*

## MEMÓRIA TÉCNICA

Consórcio  
**Machadinho**

# *Usina Hidrelétrica Machadinho*

MEMÓRIA TÉCNICA

---

U85 Usina Hidrelétrica Machadinho : memória técnica / (Org.) Regina Stela Néspoli e Roberto Pizzato. – Florianópolis : NPE/UFSC, 2007.  
386 p. : il.

Inclui bibliografia

1. Usina Hidrelétrica Machadinho – Memória. 2. Energia elétrica.  
3. Programas ambientais.

CDU: 621.311.21

---

Catálogo na publicação por: Onélia Silva Guimarães CRB-14/071

Consórcio  
**Machadinho**



---

Este empreendimento conta com o apoio financeiro do  
Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES)





## CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO

### CONSELHEIROS TITULARES

**Otávio Carneiro de Rezende**

*Presidente*

**Ricardo de Barros Moraes Sayão**

*Vice-Presidente*

**Nelcindo Donizeti Gonzalez**

*Conselheiro*

### CONSELHEIROS SUPLENTES

**Marcelo Eduardo Martins**

**Carlos Eduardo Mahfuz**

**Otávio Freitas Ferreira**

### DIRETORIA EXECUTIVA

**Duilio Diniz de Figueiredo**

*Diretor-Superintendente e de Relações com Investidores*

**Edison Pereira de Lima**

*Diretor*

**CONSELHO PLENÁRIO**

**CONSELHEIROS TITULARES**

**Manoel Arlindo Zaroni Torres**

*Presidente*

**Otávio Carneiro de Rezende**  
**Ricardo de Barros Moraes Sayão**  
**Nelcindo Donizeti Gonzalez**  
**Ricieri Dalla Valentino Junior**  
**Francisco Caprino Neto**  
**Misael de Mendonça**

**CONSELHEIROS SUPLENTE**

**José Francisco Grasseca**  
**Carlos Eduardo Mahfuz**  
**José Carlos Cauduro Minuzzo**  
**Tarciso Dias Santos**  
**Otávio Freitas Ferreira**  
**Jane Eliane Flores Magnago**  
**Paulo Molinari**

**DIRETORIA EXECUTIVA**

**Duilio Diniz de Figueiredo**

*Diretor Geral*

**José Carlos Cauduro Minuzzo**

*Diretor*

**Edison Pereira de Lima**

*Diretor*

**Antônio Carlos Vieira da Silva**

*Diretor*

## APRESENTAÇÃO

A Usina Hidrelétrica Machadinho, com potência instalada de 1.140 MW, está localizada no rio Pelotas, na divisa de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e é um marco na história das hidrelétricas brasileiras, destacando-se como resultado do esforço conjunto de seus acionistas, dos parceiros em todas as fases do empreendimento, dos governantes e de uma equipe de profissionais que possibilitou sua construção em tempo recorde, com uma antecipação de 17 meses em relação ao cronograma original.

Sua implantação consolidou um novo modo de fazer usinas hidrelétricas no Brasil por meio do estabelecimento de parcerias estratégicas, do uso de modelos inovadores, do cumprimento das obrigações estabelecidas nos preceitos legais e ambientais vigentes, da forma de financiamento utilizada com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e da oferta de debêntures no mercado de capitais.

Seu projeto foi iniciado pela Centrais Elétricas do Sul do Brasil (Eletrosul) e, durante os anos de 1995 e 1996, em função das transformações regulatórias que estavam acontecendo no setor elétrico, houve a necessidade da realização de estudos complementares ao projeto da Usina, considerando novas demandas técnicas, econômicas, sociais e ambientais, que concluíram pela relocação do eixo da Usina para montante, a cerca de sete quilômetros do eixo original.

Nessa nova localização, as obras principais da Usina foram deslocadas para os municípios de Piratuba, em Santa Catarina, e Maximiliano de Almeida, no Rio Grande do Sul. Apesar de as obras da Usina não mais se localizarem no município de Machadinho, foi decidido continuar identificando o empreendimento como Usina Hidrelétrica Machadinho.

Vencida essa primeira etapa, a então Eletrosul, com o objetivo de viabilizar condições econômicas de dar prosseguimento ao empreendimento, efetuou uma licitação em busca de parceiros para sua implantação, no ano de 1996, que teve como vencedor um consórcio constituído por 11 empresas, sendo sete privadas e quatro públicas.

A partir daí, o consórcio vencedor viabilizou o empreendimento, contratando em março de 1998 o consórcio construtor, obtendo as licenças ambientais necessárias, os financiamentos junto ao BNDES e lançando debêntures no mercado de capitais. Esse processo culminou com a conclusão da UHE Machadinho no mês de julho de 2002, com a entrada em operação comercial da terceira e última máquina.

Em todas as etapas da construção e operação o preceito básico adotado pelos empreendedores foi o compromisso junto às agências reguladoras (ANEEL e ANA), ao Operador Nacional do Sistema Elétrico e aos órgãos ambientais (IBAMA, FATMA e FEPAM) de manter a UHE Machadinho em conformidade com a legislação e obrigações ambientais pelo período garantido pela concessão e outorga, que vai até o ano de 2032, visando produzir a energia hidrelétrica de forma sustentável.

Todo esse esforço tem sido registrado ao longo do tempo em diversos documentos que foram utilizados como referência para a consolidação desta Memória Técnica da Usina Hidrelétrica Machadinho que ora prefaciamos e que colocamos à disposição para consulta.

Para que os leitores tenham uma noção inicial dos números envolvidos em um empreendimento desse porte apresentamos de forma sintética alguns valores relevantes na viabilização da

UHE Machadinho, lembrando que esses montantes estão mais detalhados nos diversos capítulos desta Memória Técnica:

- Foram investidos, a valores históricos, cerca de R\$ 1,15 bilhão na implantação de toda a obra, sendo cerca de R\$ 340 milhões de capital próprio dos empreendedores e o restante de empréstimos do BNDES e de recursos obtidos por meio de lançamento de debêntures. Esses recursos quantificaram o esforço dispendido por aproximadamente 7 mil trabalhadores ao longo de todo o período construtivo, sobretudo os cerca de 2.600 trabalhadores lotados diretamente na obra entre agosto e outubro de 2000, no pico das obras da Usina.
- Foram compensadas 2.076 famílias e 1.272 propriedades rurais.
- Foram investidos cerca de R\$ 227 milhões nas atividades de meio ambiente (físico, biótico, socioeconômico etc.).
- Foram plantadas mais de 1,1 milhão de mudas na recuperação do reservatório, com espécies nativas, visando a manutenção dos ecossistemas e da fauna associada.
- Foi repassado aos 10 municípios da área abrangida pela UHE Machadinho nesses cinco anos de operação da Usina, a título de contribuição financeira por uso de recursos hídricos, o montante aproximado de R\$ 26 milhões.

Agradecemos a todos aqueles que direta ou indiretamente estiveram envolvidos com a UHE Machadinho e puderam transformar um sonho em realidade. Aos investidores, que com sua visão empreendedora, viabilizaram uma parceria estratégica para os seus negócios e para o Brasil. Aos gestores que dedicaram suas capacidades gerenciais num ambiente novo e de parceria do Setor Elétrico Brasileiro. Aos planejadores, que transformaram uma diretriz em projeto e, conseqüentemente, numa realidade. Aos consultores e especialistas brasileiros e estrangeiros que indicaram as melhores soluções ou os arranjos mais adequados e tecnicamente avançados para que os resultados contemplassem as premissas adotadas para viabilizar técnica, econômica e ambientalmente uma usina desse porte. Aos colaboradores, que com seu labor e dedicação concretizaram todas as instalações da Usina em tempo recorde.

Finalmente, gostaríamos, em nome dos acionistas da MAESA, dos participantes do Consórcio Machadinho, das diretorias e dos colaboradores, além de conclamar os leitores a aprofundarem-se na apreciação desta Memória Técnica, registrar a satisfação e alegria em poder deixar este legado contendo os dados e informações da UHE Machadinho, obra de infra-estrutura tão importante para o nosso país.

**Otávio Carneiro de Rezende**

*Presidente do Conselho de Administração  
da Machadinho Energética S.A. – MAESA*

**Manoel Arlindo Zaroni Torres**

*Presidente do Conselho Plenário do  
Consórcio Machadinho*



# SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>8</b>
---------------------------	----------

## Capítulo 1 INTRODUÇÃO

1.1 Objetivo da Memória Técnica .....	<b>18</b>
1.2 Caracterização do empreendimento .....	<b>18</b>
1.3 A concessão da Usina Hidrelétrica Machadinho .....	<b>19</b>
1.4 Histórico de composição das acionistas da Usina Hidrelétrica Machadinho .....	<b>20</b>
1.4.1 1997-1999 .....	<b>20</b>
1.4.2 1999 - 2001 .....	<b>21</b>
1.4.3 De abril a novembro de 2001 .....	<b>21</b>
1.4.4 2001 - 2002 .....	<b>22</b>
1.4.5 2002 .....	<b>23</b>
1.4.6 2007 - Primeira alteração .....	<b>23</b>
1.4.7 2007 - Segunda alteração .....	<b>24</b>
1.4.8 2007 - Terceira alteração .....	<b>24</b>
1.5 Marcos importantes relacionados em ordem cronológica .....	<b>25</b>
1.6 A inserção do empreendimento no licenciamento ambiental .....	<b>26</b>
1.6.1 Marcos importantes do licenciamento ambiental .....	<b>28</b>

## Capítulo 2 INVENTÁRIO E VIABILIDADE

2.1 Histórico .....	<b>32</b>
2.2 Bacia hidrográfica .....	<b>33</b>
2.3 Aerofotogrametria e topografia .....	<b>33</b>
2.4. Geologia e geotecnia .....	<b>34</b>
2.4.1. Estudos geológicos .....	<b>34</b>
2.4.2 Investigações geológico-geotécnicas .....	<b>36</b>
2.5 Meteorologia e hidrologia .....	<b>37</b>
2.5.1 Características gerais da bacia hidrográfica .....	<b>37</b>
2.5.2 Rede hidrometeorológica utilizada .....	<b>37</b>
2.5.3 Clima .....	<b>39</b>
2.5.4 Deflúvios naturais .....	<b>40</b>
2.5.5 Estudos de cheias .....	<b>40</b>
2.6 Reservatório .....	<b>41</b>
2.6.1 Níveis d'água .....	<b>41</b>
2.6.2 Estudos de remanso .....	<b>41</b>

2.6.3 Borda livre para contenção de ondas no reservatório .....	41
2.6.4 Estudos de enchimento do reservatório .....	42
2.6.5 Avaliação do assoreamento e da vida útil do reservatório .....	42
2.7 Meio ambiente - ecologia .....	42
2.7.1 Principais interferências .....	42
2.7.2 Caracterização ecológica da bacia de drenagem .....	43
2.8 Aproveitamento múltiplo do empreendimento .....	44
2.8.1 Estudos energéticos .....	44
2.8.2 Outros usos .....	44
2.9 Escolha do local da barragem .....	44
2.9.1 Principais alternativas dos eixos selecionados .....	44
2.9.2 Alternativa escolhida .....	45
2.9.3 Interligação da Usina ao sistema de transmissão .....	47
2.9.4 Orçamento estimativo .....	47

### Capítulo 3 PROJETO

3.1 Gerenciamento do projeto .....	50
3.2 Projeto básico e projeto executivo .....	51
3.2.1. Arranjo geral .....	51
3.2.2 Obras de desvio e controle do rio .....	54
3.2.3 Barragem e diques .....	60
3.2.4 Vertedouro .....	70
3.2.5 Tomada d'água .....	76
3.2.6 Casa de força .....	81
3.2.7 Subestação da Usina .....	106
3.2.8 Instalações para descarga de vazões sanitárias a jusante .....	106
3.3 Alterações na concepção das obras civis durante a implantação .....	108
3.3.1 Barragem principal de enrocamento .....	108
3.3.2 Túneis de desvio .....	119
3.3.3 Casa de força - Edifício de controle e administração .....	120
3.3.4 Tomada d'água .....	120
3.3.5 Túneis forçados .....	122
3.3.6 Vertedouro .....	126
3.3.7 Dique 1 .....	127
3.3.8 Dique 2 .....	129

# SUMÁRIO

## Capítulo 4 CONSTRUÇÃO

4.1 Gerenciamento da construção .....	134
4.1.1 Empresas envolvidas .....	134
4.1.2 Organização técnico-administrativa .....	135
4.1.3 Sistema viário e acessos à área de construção .....	136
4.1.4 Suprimento de energia à construção .....	136
4.1.5 Logística de suprimento dos principais materiais .....	136
4.1.6 Período de maior concentração de trabalhadores .....	137
4.1.7 Duração da obra .....	137
4.2 Implantação do canteiro e dos sistemas habitacionais .....	137
4.2.1 Canteiro .....	137
4.2.2 Equipamentos para terraplenagens .....	151
4.2.3 Desmobilização das instalações provisórias e recuperação de áreas degradadas .....	151
4.3 Estruturas principais .....	153
4.3.1 Desvio do rio .....	153
4.3.2 Métodos construtivos de diques e barragem .....	160
4.3.3 Estruturas de concreto .....	169
4.3.4 Montagem eletromecânica .....	183
4.4 Informações complementares .....	189
4.4.1 Relação qualitativa e quantitativa dos principais equipamentos usados na obra .....	189
4.4.2 Materiais .....	194
4.4.3 Serviços .....	194
4.4.4 Efetivo da obra .....	195
4.4.5 Problemas logísticos e administrativos .....	195
4.4.6 Segurança e medicina do trabalho .....	196

## Capítulo 5 COMISSIONAMENTO E DESEMPENHO

5.1 Introdução .....	200
5.2 Planejamento .....	200
5.3 Atribuições e responsabilidades .....	206
5.3.1 Comitê de comissionamento .....	206
5.3.2 Gerência de comissionamento .....	206
5.3.3 Apoio ao comissionamento .....	208
5.4 Execução do comissionamento .....	209
5.4.1 Divisão do empreendimento para o comissionamento .....	209
5.4.2 Preparação do comissionamento .....	214

5.4.3	Transitoriedade .....	216
5.4.4	Conclusão do comissionamento .....	216
5.5	Principais ocorrências registradas no comissionamento e verificação do desempenho .....	216
5.5.1	Geral .....	216
5.5.2	Obras civis .....	217
5.5.3	Equipamentos e sistemas .....	217

	MEMÓRIA FOTOGRÁFICA – CONSTRUÇÃO .....	221
--	--	-----

Capítulo 6 PROGRAMAS AMBIENTAIS

6.1	Remanejamento da população abrangida .....	241
6.1.1	Remanejamento da população rural .....	241
6.1.2	Alternativas de compensação .....	245
6.1.3	Situação de cada modalidade de reassentamento .....	248
6.1.4	Serviços de apoio diversos .....	250
6.1.5	Monitoramento do Remanejamento da População Rural .....	251
6.1.6	Assistência técnica, agrícola e social .....	259
6.1.7	Anomalias ocorridas no Programa 1 – Remanejamento da População Abrangida .....	264
6.2	Recomposição físico-territorial da área atingida .....	267
6.2.1	Localidades rurais e equipamentos isolados .....	270
6.3	Adequação da infra-estrutura de serviços e recomposição das áreas da obra .....	274
6.3.1	Apoio ao migrante .....	275
6.3.2	Adequação dos sistemas de saúde, educação, lazer e segurança .....	275
6.3.3	Controle da degradação e recomposição das áreas da obra .....	276
6.4	Limpeza da bacia de acumulação .....	278
6.4.1	Desmatamento da bacia de acumulação .....	278
6.4.2	Demolição, desinfecção e desinfestação .....	282
6.5	Preservação do patrimônio histórico, cultural, paisagístico e arqueológico .....	283
6.5.1	Preservação do patrimônio histórico, cultural e paisagístico .....	284
6.5.2	Salvamento do patrimônio arqueológico .....	286
6.6	Conservação da flora e da fauna .....	288
6.6.1	Salvamento da flora e proteção do reservatório .....	289
6.6.2	Unidades de Conservação .....	293
6.6.3	Selo de Compensação Ambiental .....	295
6.6.4	Salvamento e manejo da fauna silvestre .....	295

# SUMÁRIO

6.6.5 Monitoramento e manejo da ictiofauna .....	296
6.7 Monitoramento e controle .....	297
6.7.1 Monitoramento das condições físicas, químicas e biológicas .....	298
6.8 Gerenciamento do reservatório .....	308
6.8.1 Gestão do uso e ocupação do lago e das margens .....	309
6.8.2 Gerenciamento atual .....	313
6.9 Comunicação Social .....	317
6.9.1 Relacionamento com a sociedade .....	321
6.9.2. Educação ambiental .....	323
MEMÓRIA FOTOGRÁFICA – PROGRAMAS AMBIENTAIS .....	329

## Capítulo 7 ORÇAMENTO

7.1 Orçamento de implantação .....	348
7.2 Financiamento .....	348
7.2.1 Custos do projeto .....	348
7.2.2 Recursos financeiros do projeto .....	348
7.2.3 Recursos dos acionistas da emissora .....	348
7.2.4 Empréstimos do BNDES .....	349
7.2.5 Emissão de debêntures .....	350
7.2.6 Pacote de garantias do financiamento do BNDES e das debêntures .....	353
7.3 Origem dos recursos para a UHE Machadinho .....	357

## Capítulo 8 APÊNDICE

8.1 Contribuição financeira pelo uso dos recursos hídricos (COFURH) .....	364
8.2 Ficha técnica .....	369
8.3 Parceiros e fornecedores .....	374
8.3.1 Projeto, fornecimento, construção e montagem .....	374
8.3.2 Socioambiental e patrimonial .....	374
8.3.3 Engenharia do proprietário .....	375
8.3.4 Assessoria jurídica .....	375
8.3.5 Assessoria financeira .....	375
8.3.6 Demais parceiros e fornecedores .....	375
Referências bibliográficas .....	380
Glossário .....	382

<b>ALCOA</b> – Alcoa Alumínio S.A.	Recursos Naturais Renováveis
<b>ANA</b> – Agência Nacional de Águas	<b>IBGE</b> – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>ANEEL</b> – Agência Nacional de Energia Elétrica	<b>ICMS</b> – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços
<b>BAESA</b> – Energética Barra Grande S.A.	<b>IGP-M</b> – Índice Geral de Preços para o Mercado
<b>BNDES</b> – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social	<b>INCRA</b> – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
<b>CBA</b> – Companhia Brasileira de Alumínio	<b>INEPAR</b> – Inepar S.A. Indústria e Construções
<b>CCC</b> – Camargo Corrêa Cimentos S.A.	<b>IPHAN</b> – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
<b>CEEE</b> – Companhia Estadual de Energia Elétrica	<b>IPT</b> – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
<b>CEEE-GT</b> – Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica	<b>ISSQN</b> – Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza
<b>CELESC</b> – Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A.	<b>MAB</b> – Movimento dos Atingidos por Barragens
<b>CIRAM</b> – Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina	<b>MAESA</b> – Machadinho Energética S.A.
<b>CNEC</b> – Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores S.A.	<b>MMA</b> – Ministério do Meio Ambiente
<b>CNRH</b> – Conselho Nacional de Recursos Hídricos	<b>NA</b> – Nível de Água
<b>CONAMA</b> – Conselho Nacional de Meio Ambiente	<b>ONG</b> – Organização Não-Governamental
<b>CONSEMA</b> – Conselho Estadual de Meio Ambiente	<b>ONS</b> – Operador Nacional do Sistema Elétrico
<b>COPEL</b> – Companhia Paranaense de Energia	<b>PBA</b> – Projeto Básico Ambiental
<b>CRAB</b> – Comissão Regional dos Atingidos por Barragens	<b>PCAU</b> – Plano de Conservação Ambiental e Usos da Água e do Entorno do Reservatório
<b>CRB</b> – Companhia de Cimento Portland Rio Branco	<b>PCH</b> – Pequena Central Hidrelétrica
<b>CRH</b> – Conselho Recursos Hídricos	<b>PGASP</b> – Plano de Gestão Ambiental e Sociopatrimonial Corporativo
<b>DEFAP</b> – Departamento de Florestas e Áreas Protegidas	<b>PIB</b> – Produto Interno Bruto
<b>DME</b> – Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas (MG)	<b>PNMA</b> – Política Nacional de Meio Ambiente
<b>DNAEE</b> – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica	<b>PRONAF</b> – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
<b>DNPM</b> – Departamento Nacional de Produção Mineral	<b>SAIV</b> – S.A. Indústria Votorantim
<b>DRNR</b> – Departamento de Recursos Naturais Renováveis	<b>SEMA</b> – Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul
<b>EIA/RIMA</b> – Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental	<b>SINGREH</b> – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
<b>ELETROSUL</b> – Centrais Elétricas do Sul do Brasil S.A.	<b>SNUC</b> – Sistema Nacional de Unidades de Conservação
<b>EMATER / RS</b> – Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural	<b>SRH</b> – Sistema Estadual de Recursos Hídricos
<b>ENERCAN</b> – Campos Novos Energia S.A.	<b>UC</b> – Unidades de Conservação
<b>ENERSUL</b> – Comitê de Estudos Energéticos da Região Sul	<b>UCS</b> – Universidade de Caxias do Sul
<b>EPAGRI</b> – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina	<b>UFRGS</b> – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
<b>FATMA</b> – Fundação do Meio Ambiente Santa Catarina	<b>UFSC / LAPAD</b> – Universidade Federal de Santa Catarina Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce
<b>FEPAM</b> – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler	<b>UHE</b> – Usina Hidrelétrica
<b>FUNAI</b> – Fundação Nacional do Índio	<b>UHIT</b> – Usina Hidrelétrica de Itá
<b>FUNDAGRO</b> – Fundação de Apoio ao Desenvolvimento Rural Sustentável do Estado de Santa Catarina	<b>UNEMAC</b> – União de Empresas Fornecedoras de Machadinho
<b>GEAM</b> – Grupo de Empresas Associadas Machadinho	<b>UPF</b> – Universidade de Passo Fundo
<b>GERASUL</b> – Centrais Geradoras do Sul do Brasil S.A.	<b>VALESUL</b> – Valesul Alumínio S.A.
<b>IBAMA</b> – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos	<b>VCB</b> – Votorantim Cimentos Brasil Ltda.



# CAPÍTULO 1

A grayscale electron micrograph of biological tissue, showing various cellular structures and membranes. The image is used as a background for the chapter title.

INTRODUÇÃO



**A Memória Técnica é um registro da experiência acumulada na implantação da Usina Hidrelétrica Machadinho.**

## 1.1 Objetivo da Memória Técnica

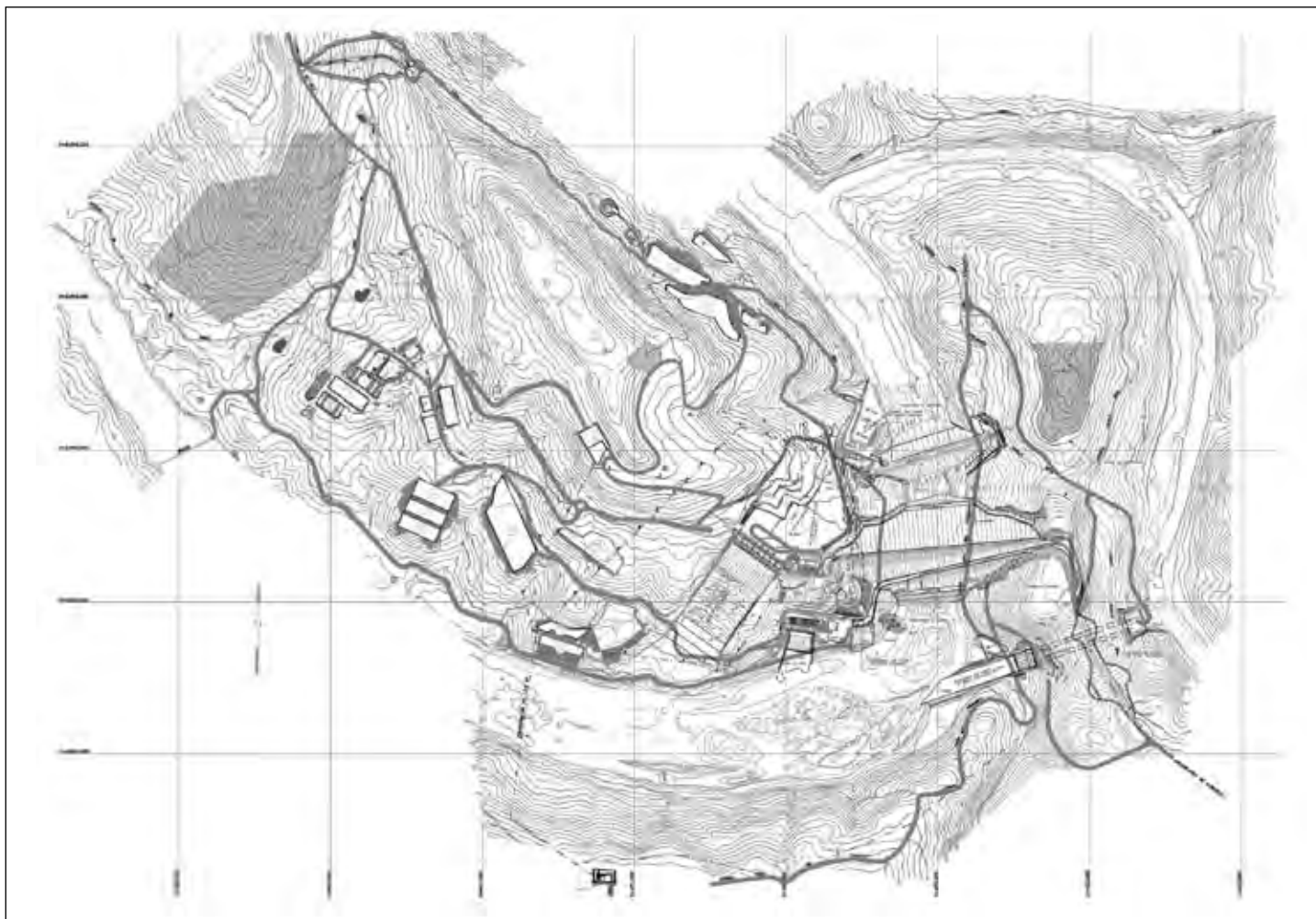
A finalidade desta Memória Técnica é constituir um registro da experiência acumulada durante as fases pelas quais passou o empreendimento Usina Hidrelétrica Machadinho, desde os estudos de inventário, viabilidade, Projeto Básico e sua revisão e consolidação. Além disso, apresenta-se o detalhamento do Projeto Executivo, da Implantação das Obras e do Reservatório, do Comissionamento, do início da Operação Comercial e alguns de seus resultados após esses cinco anos de funcionamento.

## 1.2 Caracterização do empreendimento

A UHE Machadinho localiza-se no rio Pelotas a aproximadamente 1.200 m a jusante da foz do rio Inhandava (ou Forquilha), na divisa entre os municípios de Piratuba, no estado de Santa Catarina, e Maximiliano de Almeida, no estado do Rio Grande do Sul. O local pode ser identificado pelas coordenadas geográficas 27°31'25" de latitude sul e 51°47'05" de longitude oeste.

Figura 1.1

### Implantação geral da obra



Desenho MA.00/DE.101

A Usina possui potência instalada total de 1.140 MW, subdividida em três unidades de 380MW cada. O objetivo principal da usina é suprir o mercado de energia elétrica do Sistema Interligado através do Subsistema Sul.

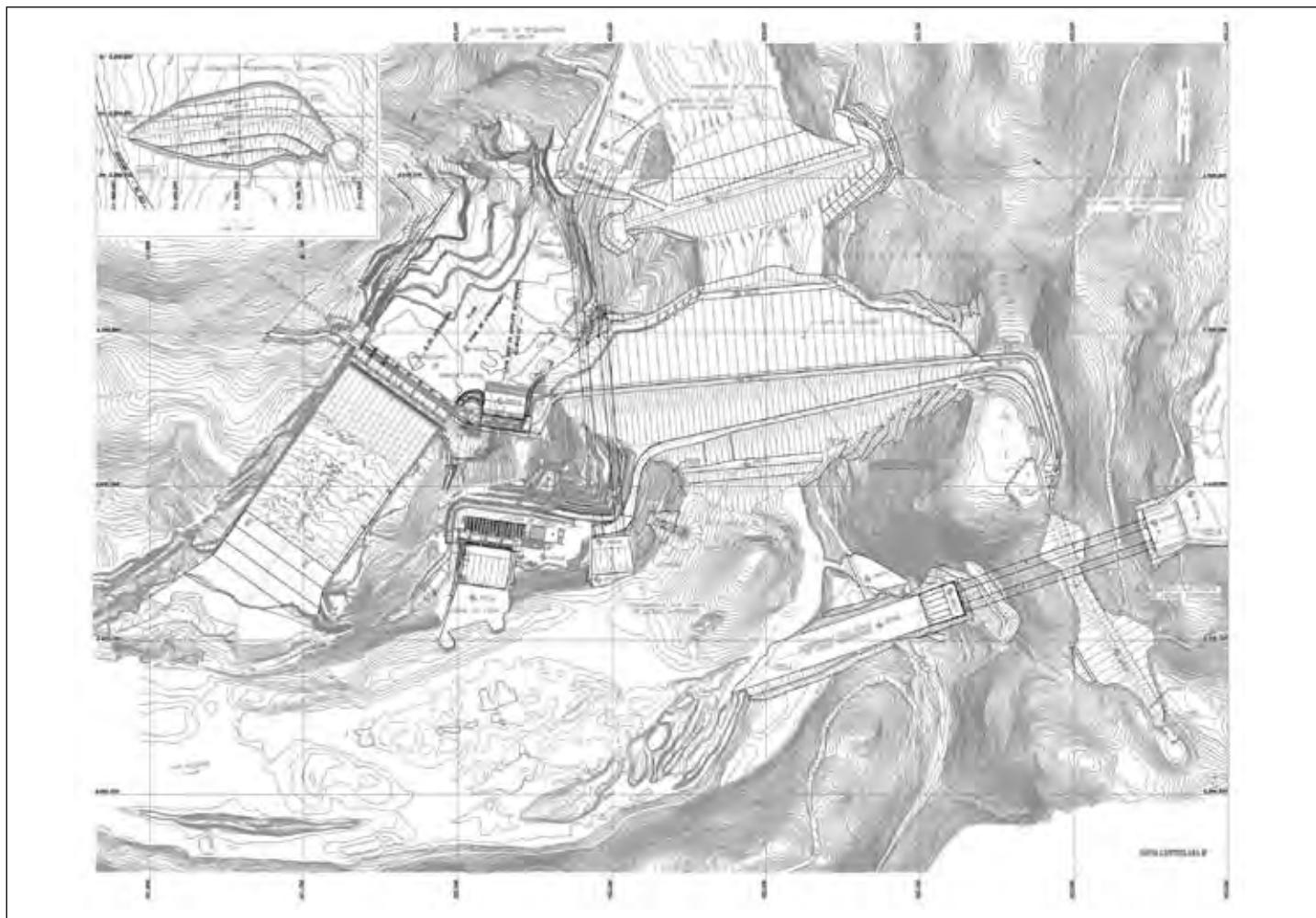
A construção da usina começou em 2 de março de 1998. Em 28 de agosto de 2001, teve início o enchimento do reservatório. O primeiro grupo hidrogerador entrou em operação comercial no dia 16 de fevereiro de 2002. O arranjo da usina é apresentado nas figuras 1.1 e 1.2.

### 1.3 A concessão da Usina Hidrelétrica Machadinho

Em atendimento às Leis nº 8.987 de 13/2/1995 e nº 9.074 de 7/7/1995, referentes aos novos procedimentos de concessão de serviços públicos e mais particularmente aos de geração e distribuição de energia elétrica para uso público ou privado, a Centrais Elétricas do Sul do Brasil S/A (Eletrosul) desenvolveu o Processo Licitatório nº 20165004 – Licitação para Seleção de Empresas, visando a constituição de

Figura 1.2

#### Arranjo geral das estruturas



Desenho MA.00/DE.102

consórcio para implantação e exploração da UHE Machadinho. O vencedor desse processo foi o Grupo de Empresas Associadas Machadinho (GEAM), cujas empresas constituintes assinaram com a Eletrosul, em 15 de janeiro de 1997, o Contrato de Constituição do Consórcio Machadinho (nº 20165004).

A implantação da UHE Machadinho ficou a cargo das empresas que formavam o Consórcio GEAM, posteriormente sucedido pela Machadinho Energética S/A (MAESA), nos termos do Contrato de Constituição do Consórcio Machadinho, assinado entre as empresas constituintes do GEAM e a Eletrosul. Posteriormente, a Eletrosul foi sucedida pelas Centrais Geradoras do Sul do Brasil S/A (Gerasul) e pela Tractebel Energia S/A, à qual foi atribuído o gerenciamento técnico da implantação e, em seguida, a operação e manutenção da Usina.

## 1.4 Histórico de composição das acionistas da Usina Hidrelétrica Machadinho

As tabelas seguintes apresentam a evolução da participação da MAESA e do Consórcio Machadinho na composição acionária da UHE Machadinho.

### 1.4.1 1997-1999

No período entre 15 de janeiro de 1997 e 3 de março de 1999, anterior à criação da MAESA, o Consórcio Machadinho apresentava a constituição descrita na tabela a seguir.

Tabela 1.1

#### Participação relativa das empresas constituintes do Consórcio Machadinho na UHE Machadinho – 1997-1999

Empresas	Participação no Consórcio (%)
Centrais Geradoras do Sul do Brasil - Gerasul	16,9400
Alcoa Alumínio S/A	19,7228
Camargo Corrêa Cimentos S/A	4,6347
Companhia Brasileira de Alumínio - CBA	9,0373
S/A Indústrias Votorantim	7,8776
Cimento Rio Branco S/A	7,8776
Valesul Alumínio S/A	7,2845
Inepar S/A Indústria e Comércio	2,8905
Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas - DME	2,4004
Companhia Paranaense de Energia - Copel	4,3191
Centrais Elétricas de Santa Catarina - Celesc	12,1577
Companhia Estadual de Energia Elétrica - CEEE	4,8578
<b>Total</b>	<b>100,0000</b>

### 1.4.2 1999 – 2001

No período compreendido entre 4 de março de 1999, data da constituição da Machadinho Energética S/A (MAESA), e 11 de abril de 2001, o Consórcio Machadinho e a MAESA tinham a constituição apresentada na tabela a seguir.

Tabela 1.2

#### Participação relativa das empresas constituintes da MAESA e do Consórcio Machadinho na UHE Machadinho – 1999-2001

Empresas	Participação (%)	
	MAESA	Consórcio
Centrais Geradoras do Sul do Brasil - Gerasul	0,0000	16,9400
Alcoa Alumínio S/A	23,7453	19,7228
Camargo Corrêa Cimentos S/A	5,5799	4,6347
Companhia Brasileira de Alumínio - CBA	10,8804	9,0373
S/A Indústrias Votorantim	9,4842	7,8776
Cimento Rio Branco S/A	9,4842	7,8776
Valesul Alumínio S/A	8,7702	7,2845
Inepar S/A Indústria e Comércio	3,4800	2,8905
Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas - DME	2,8900	2,4004
Companhia Paranaense de Energia - Copel	5,2000	4,3191
Centrais Elétricas de Santa Catarina - Celesc	14,6372	12,1577
Companhia Estadual de Energia Elétrica - CEEE	5,8486	4,8578
<b>Total</b>	<b>100,0000</b>	<b>100,0000</b>

### 1.4.3 De abril a novembro de 2001

Conforme Resolução nº 133 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), publicada em 12 de abril de 2001, foram autorizadas as seguintes alterações nas participações das empresas integrantes da concessão compartilhada do Consórcio Machadinho, alterando, conseqüentemente, a participação dos acionistas na MAESA:

- ♦ Transferência de 2,9430% da participação da Cimento Rio Branco S/A para a Companhia Brasileira de Alumínio.
- ♦ Transferência de 7,8776% da participação da S/A Indústrias Votorantim (SAIV) para a Companhia Brasileira de Alumínio.
- ♦ Alienação dos 4,3191% de participação da Companhia Paranaense de Energia (Copel) para a Companhia Brasileira de Alumínio.

Portanto, no período compreendido entre 12 de abril de 2001 e 25 de novembro de 2001, o Consórcio Machadinho e a MAESA eram constituídos conforme a tabela a seguir.

Tabela 1.3

**Participação relativa das empresas constituintes da MAESA e do Consórcio Machadinho na UHE Machadinho – abril a novembro de 2001**

Empresas	Participação (%)	
	MAESA	Consórcio
Centrais Geradoras do Sul do Brasil - Gerasul	0,0000	16,9400
Alcoa Alumínio S/A	23,7452	19,7228
Camargo Corrêa Cimentos S/A	5,5799	4,6347
Companhia Brasileira de Alumínio - CBA	29,0247	24,1770
Cimento Rio Branco S/A	5,9410	4,9346
Valesul Alumínio S/A	8,7702	7,2845
Inepar S/A Indústria e Comércio	3,4800	2,8905
Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas - DME	2,8900	2,4004
Centrais Elétricas de Santa Catarina - Celesc	14,6373	12,1577
Companhia Estadual de Energia Elétrica - CEEE	5,8485	4,8578
<b>Total</b>	<b>100,0000</b>	<b>100,0000</b>

#### 1.4.4 2001 - 2002

Conforme Resolução nº 512, de 26/11/2001, da ANEEL, foi autorizada a alteração na participação de empresas integrantes da concessão compartilhada do Consórcio Machadinho, conforme segue, alterando, conseqüentemente, a participação dos acionistas na MAESA:

- ♦ Alienação de 2,8905% da participação da Inepar Energia S/A para a empresa Alcoa Alumínio S/A.

Portanto, no período entre 26 de novembro de 2001 e 21 de fevereiro de 2002, o Consórcio Machadinho e a MAESA apresentavam a constituição descrita na tabela a seguir.

Tabela 1.4

**Participação relativa das empresas constituintes da MAESA e do Consórcio Machadinho na UHE Machadinho – 2001-2002**

Empresas	Participação (%)	
	MAESA	Consórcio
Centrais Geradoras do Sul do Brasil - Gerasul	0,0000	16,9400
Alcoa Alumínio S/A	27,2252	22,6133
Camargo Corrêa Cimentos S/A	5,5799	4,6347
Companhia Brasileira de Alumínio - CBA	29,1079	24,1770
Cimento Rio Branco S/A	5,9410	4,9346
Valesul Alumínio S/A	8,7702	7,2845
Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas - DME	2,8900	2,4004
Centrais Elétricas de Santa Catarina - Celesc	14,6373	12,1577
Companhia Estadual de Energia Elétrica - CEEE	5,8485	4,8578
<b>Total</b>	<b>100,0000</b>	<b>100,0000</b>

### 1.4.5 2002

Em 22 de fevereiro de 2002, a Assembléia Geral Extraordinária (AGE) dos acionistas da Gerasul deliberou pela alteração da denominação social da empresa Centrais Geradoras do Sul do Brasil (Gerasul) para Tractebel Energia S/A, permanecendo a participação percentual de origem, conforme apresenta a tabela a seguir.

Tabela 1.5

#### Participação relativa das empresas constituintes da MAESA e do Consórcio Machadinho na UHE Machadinho, com a substituição da Gerasul pela Tractebel Energia

Empresas	Participação (%)	
	MAESA	Consórcio
Tractebel Energia S/A	0,0000	16,9400
Alcoa Alumínio S/A	27,2252	22,6133
Camargo Corrêa Cimentos S/A	5,5799	4,6347
Companhia Brasileira de Alumínio - CBA	29,1079	24,1770
Cimento Rio Branco S/A	5,9410	4,9346
Valesul Alumínio S/A	8,7702	7,2845
Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas - DME	2,8900	2,4004
Centrais Elétricas de Santa Catarina – Celesc	14,6373	12,1577
Companhia Estadual de Energia Elétrica – CEEE	5,8485	4,8578
<b>Total</b>	<b>100,0000</b>	<b>100,0000</b>

### 1.4.6 2007 – Primeira alteração

A partir de 2007, a Cimento Rio Branco S/A transferiu suas ações para a Votorantim Cimentos Brasil Ltda. e, com a alienação da Celesc aprovada pela Resolução Autorizativa Nº 828, de 6/3/2007, da ANEEL, publicada no Diário Oficial da União (DOU) de 9/3/2007, e do Ofício Nº 296/2007-SCG/ANEEL, de 29/3/2007, os acionistas passaram a ter participação no Consórcio Machadinho e na MAESA, conforme apresenta a tabela a seguir.

Tabela 1.6

### Participação relativa das empresas constituintes da MAESA e do Consórcio Machadinho na UHE Machadinho, a partir de 2007

Empresas	Participação (%)	
	MAESA	Consórcio
Tractebel Energia S/A.	0,0000	16,9400
Alcoa Alumínio S/A.	31,8936	26,4908
Camargo Corrêa Cimentos S/A.	5,5799	4,6347
Companhia Brasileira de Alumínio - CBA	34,0990	28,3227
Votorantim Cimentos Brasil Ltda	6,9597	5,7807
Valesul Alumínio S/A.	10,2740	8,5336
Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas - DME	3,3855	2,8120
Centrais Elétricas de Santa Catarina - Celesc	0,9569	0,7947
Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica – CEEE-GT	6,8514	5,6908
<b>Total</b>	<b>100,0000</b>	<b>100,0000</b>

#### 1.4.7 2007 – Segunda alteração

Após o cumprimento das obrigações suspensivas pela Camargo Corrêa Cimentos S/A estabelecidas na Resolução Autorizativa nº 828, de 6/3/2007, da ANEEL, publicada no Diário Oficial da União de 9/3/ 2007, e do Ofício nº 625/2007-SCG/ANEEL, de 18/6/2007, data a partir da qual a Celesc deixa de participar da MAESA e do Consórcio Machadinho, os acionistas passaram a ter a seguinte participação, apresentada na tabela.

Tabela 1.7

### Participação relativa das empresas constituintes da MAESA e do Consórcio Machadinho na UHE Machadinho, sem a Celesc

Empresas	Participação	
	MAESA	Consórcio
Tractebel Energia S/A	0,0000	16,9400
Alcoa Alumínio S/A	31,8936	26,4908
Camargo Corrêa Cimentos S/A	6,5368	5,4294
Companhia Brasileira de Alumínio - CBA	34,0990	28,3227
Votorantim Cimentos Brasil Ltda.	6,9597	5,7807
Valesul Alumínio S/A	10,2740	8,5336
Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas - DME	3,3855	2,8120
Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica – CEEE-GT	6,8514	5,6908
<b>Total</b>	<b>100,0000</b>	<b>100,0000</b>

#### 1.4.8 2007 – Terceira alteração

Com a participação da Tractebel Energia S/A na MAESA, no Consórcio Machadinho e na concessão, advinda da compra de 19,2845% da participação que as demais acionistas adquiriram da Celesc, o Consórcio Machadinho e a MAESA passam a ter a participação apresentada na tabela a seguir.

Tabela 1.8

### Participação relativa das empresas constituintes da MAESA e do Consórcio Machadinho na UHE Machadinho

Empresas	Participação (%)	
	MAESA	Consórcio
Tractebel Energia S/A	2,8227	19,2845
Alcoa Alumínio S/A	30,9934	25,7431
Camargo Corrêa Cimentos S/A	6,3522	5,2762
Companhia Brasileira de Alumínio - CBA	33,1365	27,5232
Votorantim Cimentos Brasil Ltda.	6,7633	5,6176
Valesul Alumínio S/A	9,9840	8,2927
Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas - DME	3,2899	2,7326
Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica – CEEE-GT	6,6580	5,5301
<b>Total</b>	<b>100,0000</b>	<b>100,0000</b>

## 1.5 Marcos importantes relacionados em ordem cronológica

A seguir estão relacionados os marcos importantes referentes ao projeto e à construção da UHE Machadinho:

- ♦ Estudos de inventário da bacia do rio Uruguai, pelo Comitê de Estudos Energéticos da Região Sul (Enersul), com supervisão da Canambra, entre 1966 e 1969.
- ♦ Estudos de revisão desse inventário, elaborados pelo Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores S/A (CNEC), entre 1977 e 1979.
- ♦ Estudos de viabilidade técnica e econômica, também a cargo do CNEC, entre 1979 e 1980, com aprovação publicada no DOU entre 18 e 21 de dezembro de 1981.
- ♦ Outorga da concessão à Eletrosul pelo Decreto nº 86.812 de 5/1/1982.
- ♦ Elaboração do Projeto Básico, entre 1982 e 1984.
- ♦ Aprovação do Projeto Básico através da Portaria DCAE nº 191 de 11/7/1986, que fixava a data de 30 de setembro de 1993 para início da operação comercial da Usina.
- ♦ Revisão do Projeto Básico, sob responsabilidade da Eletrosul, entre 1986 e 1989, para levar em conta ocorrências hidrológicas excepcionais registradas entre 1983 e 1984.
- ♦ Documento de Acordo entre a Eletrosul e Comissão Regional de Atingidos por Barragens (CRAB), em relação às Usinas Hidrelétricas de Itá e Machadinho, assinado na cidade de Erechim (RS) em 29 de outubro de 1987.
- ♦ Processo Licitatório nº 20165004 – Licitação para Seleção de Empresas, desenvolvido pela Eletrosul, visando a constituição de consórcio para implantação e exploração da UHE Machadinho, em atendimento às Leis nº 8.987, de 13/2/1995, e nº 9.074, de 7/7/1995, consolidado em dezembro de 1996.

**Os primeiros estudos de inventário da bacia do rio Uruguai foram realizados pelo Comitê de Estudos Energéticos da Região Sul (Enersul), com supervisão da Canambra, entre 1966 e 1969.**



- ♦ Contrato de Constituição do Consórcio Machadinho (nº 20165004), assinado em 15 de janeiro de 1997 entre o Grupo de Empresas Associadas Machadinho (GEAM), vencedor do processo licitatório acima citado, e a Eletrosul.
- ♦ Relatório de Adequação do Projeto Básico, elaborado pela Eletrosul, editado em março de 1997.
- ♦ Contratação do Consórcio Unemac pelo GEAM para prestação de serviços necessários à implantação do aproveitamento hidrelétrico, em regime *turn-key*, em 24 de março de 1998.
- ♦ Início das obras de construção da UHE Machadinho, em 2 de março de 1998.
- ♦ Registro da MAESA na Junta Comercial do Estado de Santa Catarina, sucedendo o GEAM em 31 de março de 1999.
- ♦ Fechamento do rio Pelotas com o desvio do rio pelos túneis, em 26 de outubro de 1999.
- ♦ Contratação pela Machadinho Energética S/A (MAESA) de uma junta de consultores com o objetivo de avaliar, discutir, sugerir e validar com a gerência técnica do empreendimento os diversos aspectos do projeto executivo referente às estruturas da área civil (barragem, vertedouro, diques, casa de força, etc) e da construção do empreendimento, formada pelos engenheiros J. Barry Cooke, Nelson L. de Souza Pinto e José Antunes Sobrinho. Esta junta reuniu-se 11 vezes, entre novembro de 1997 e agosto de 2001.
- ♦ Início do enchimento do reservatório, em 28 de agosto de 2001.
- ♦ Início da geração comercial da Unidade 1, em 16 de fevereiro de 2002.
- ♦ Início da geração comercial da Unidade 2, em 30 de abril de 2002.
- ♦ Início da geração comercial da Unidade 3, em 12 de julho de 2002.

## 1.6 A inserção do empreendimento no licenciamento ambiental

O licenciamento ambiental é um procedimento jurídico-administrativo caracterizado como um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA). Foi introduzido no ordenamento jurídico nacional, inicialmente, pela Lei Federal nº 6.803/80, para balizar a instalação de indústrias e distritos industriais, com ênfase para as químicas, petroquímicas e siderúrgicas. Em 1981, foi ampliado e convalidado pela PNMA (Lei Federal nº 6.938/81).

Em matéria ambiental, a intervenção do poder público tem como principal objetivo a prevenção do dano, sobretudo porque a defesa do meio ambiente pelo poder público não é uma faculdade, mas um dever constitucional.

Esse dever estende-se aos particulares que, na qualidade de concessionários, assumem a prestação de serviços e obras públicas essenciais.

O Sistema Constitucional Brasileiro, ao impor como condicionante do licenciamento de atividades potencialmente degradadoras do ambiente, através do artigo 225, parágrafo

**As obras da UHE Machadinho começaram em 2 de março de 1998 e o início da geração comercial da Unidade 3 ocorreu em 12 de julho de 2002.**

fo 1º, inciso IV da Constituição Federal, a exigência de prévio Estudo de Impacto Ambiental (EIA), conferiu um *status* maior às normas vigentes sobre a matéria. Isso se deve ao advento da Lei nº 6.938, de 31/8/1981, que instituiu a PNMA, e das Resoluções nº 001/86 e nº 237/97 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

A licença ambiental é insubstituível e imprescindível para a instalação e operação de qualquer atividade real ou potencialmente poluidora, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis, expedidas por outros órgãos federais, estaduais ou municipais.

A expedição da licença representa a formalização de um compromisso firmado entre o empreendedor e o poder público. De um lado, o responsável pelo empreendimento se compromete a implantar e operar a sua atividade segundo as condicionantes constantes na licença e, de outro, o órgão licenciador afaça que, durante o prazo de vigência da licença, desde que obedecidas as condições nela expressas, nenhuma outra exigência de controle ambiental será imposta ao licenciado.

Peça fundamental do processo de licenciamento, o EIA tem seus critérios básicos e diretrizes gerais de formulação normatizados pela Resolução CONAMA nº 001/86. O principal objetivo do EIA é avaliar os impactos positivos e negativos provocados pela exploração de atividades consideradas potencialmente causadoras de significativa degradação do meio ambiente, além de apontar medidas mitigadoras que deverão ser incorporadas ao empreendimento, conforme previsto no artigo 225, parágrafo 1º, inciso IV da Constituição Federal.

Tal procedimento, conforme disposto no artigo 19 do Decreto nº 99.274, de 6/6/1990, que regulamentou as Leis Federais nº 6.902/83 e nº 6.938/81, constituirá, por parte do empreendedor, da apresentação dos estudos de impacto ambiental e, do lado da administração pública, da outorga de atos administrativos, que receberam o nome de licenças ambientais, a saber:

“I - Licença Prévia (LP), na fase preliminar do planejamento da atividade, contendo requisitos básicos a serem atendidos nas fases de locação, instalação e operação, observados os planos municipais, estaduais ou federais de uso do solo” (com validade máxima de cinco anos, conforme Resolução CONAMA 237/97).

“II - Licença de Instalação (LI), autorizando o início da implantação, de acordo com as especificações constantes do Projeto Executivo aprovado” (com validade máxima de seis anos, conforme Resolução CONAMA nº 237/97).

“III - Licença de Operação (LO), autorizando, após as verificações necessárias, o início da atividade licenciada e o funcionamento de seus equipamentos de controle da poluição, de acordo com o previsto nas licenças prévia e de instalação” (com prazo máximo de validade de quatro a 10 anos, conforme Resolução CONAMA nº 237/97).

Depois de expedidas, essas licenças poderão ser modificadas, suspensas ou canceladas mediante decisão motivada do órgão ambiental, nos seguintes casos:

**A Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), instituída em 1981, representou um divisor de águas na legislação ambiental do Brasil.**

- ♦ Violação ou inadequação de quaisquer condicionantes ou normas legais.
- ♦ Omissão ou falsa descrição de informações que subsidiaram a expedição da licença.
- ♦ Superveniência de graves riscos ambientais e de saúde (Resolução CONAMA nº 237/97, artigo 19).

Entre os anexos da Resolução CONAMA 006/87, de 16/9/1987, que trata do licenciamento ambiental de obras consideradas de grande porte – em especial as de geração de energia elétrica –, é determinada a exigência de elaboração e aprovação do Projeto Básico Ambiental (PBA), para que o órgão competente forneça a Licença de Instalação (LI). Somente após a emissão dessa licença, o início das obras está autorizado.

O PBA consiste em um conjunto de programas a serem implantados, visando viabilizar as recomendações emitidas no EIA e no RIMA e atender às exigências e condicionantes fixadas pelo órgão ambiental licenciador.

A Resolução CONAMA nº 237/97, em seu artigo 10, parágrafo 1º, determina que a abertura do procedimento de licenciamento se dê com a caracterização do empreendimento (descrição da engenharia), constando obrigatoriamente:

- ♦ Certidão da prefeitura de que o tipo de empreendimento ou atividade está em conformidade com a legislação municipal de uso e ocupação do solo.
- ♦ Autorização para supressão de vegetação pelo órgão ambiental competente.
- ♦ A outorga do direito de uso da água.

Observe-se ainda a incidência do artigo 36 da Lei Federal nº 9.985 de 18/6/2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Essa Lei prevê a alocação de 0,5% do valor total da implantação do empreendimento para a criação e manutenção de Unidade de Conservação do Grupo de Proteção Integral, em área a ser indicada pelo órgão ambiental competente, que poderá alternativamente decidir que o recurso seja aplicado na manutenção de Unidades de Conservação já existentes na região.

**A UHE Machadinho iniciou o enchimento do reservatório em 28 de agosto de 2001, quando recebeu a Licença de Operação emitida pelo IBAMA.**

### **1.6.1 Marcos importantes do licenciamento ambiental**

A UHE Machadinho iniciou o enchimento do reservatório em 28 de agosto de 2001, quando recebeu a respectiva Licença de Operação nº 160/2001, emitida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Em abril de 2005 foi enviado requerimento ao órgão ambiental solicitando a renovação dessa licença, sendo que o Consórcio Machadinho aguarda por tal renovação. Essa situação não impede o funcionamento regular da Usina, pois o empreendimento encontra-se rigorosamente adimplente com a legislação ambiental e com toda a documentação necessária para sua operação comercial.

Deve-se registrar que o processo de licenciamento ambiental começou muito antes desse período, desde o advento do Termo de Referência emitido pelo IBAMA,

após o início do processo licitatório conduzido pela Eletrosul em meados de 1996.

De forma sintética, apresenta-se a seguir, por ordem de emissão, todos os documentos que deram suporte ao processo de licenciamento da UHE Machadinho. Esses documentos podem ser consultados nos sites [www.machadinho.com.br](http://www.machadinho.com.br) e [www.maesa.com.br](http://www.maesa.com.br), em Legislação Ambiental.

Tabela 1.9

### Eventos do licenciamento ambiental – 1996 - 2005

Data	Emissão	Objeto	Validade
20/12/1996	IBAMA	Termo de Referência – TR - EIA/RIMA	Indeterminada
24/6/1997	IBAMA	Ata de Audiência Pública	Indeterminada
31/7/1997	IPHAN	Permissão para Levantamento Arqueológico	1 ano
25/9/1997	DNAEE	Aprovação Área do Canteiro de Obras	Indeterminada
1/4/1997	Museu de Ciência e Tecnologia PUC-RS	Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental da Usina Hidrelétrica Machadinho	Indeterminada
30/9/1997	IBAMA	Licença Prévia – LP nº 18/97	365 dias
Out/97	Museu de Ciência e Tecnologia PUC-RS	Complemento ao Estudo de Impacto da Usina Hidrelétrica Machadinho	Indeterminada
21/11/1997	Presidente da República (Decreto s/nº)	Declaração de utilidade pública para fins de desapropriação da área do canteiro	Indeterminada
6/2/1998	IBAMA	Licença de Instalação - LI nº 031/98	180 dias
19/3/1998	IBAMA	Autorização de Supressão da Vegetação nº 04/98 para implantação do canteiro de obras	30 dias
5/8/1998	IBAMA	Renovação da Licença de Instalação – LI nº 31/98	1.300 dias
21/10/1998	ANEEL	Declaração de utilidade pública para fins de desapropriação das áreas do reservatório	Indeterminada
11/1/1999	IBAMA	Autorização de Supressão de Vegetação nº 02/99 (em substituição à de nº 01/99, cancelada pelo próprio IBAMA, por incorreções)	730 dias
19/11/1999	IPHAN	Ofício 631/99/12ª SR/IPHAN, encaminhando parecer 181/99/12ªSR/SPHAN, aprovando os resultados das atividades de campo realizadas até novembro de 1998	Indeterminada
30/11/1999	IPHAN	Ofício 617/99/12ª SR/IPHAN, encaminhando parecer 173/99/12ªSR/SPHAN, aprovando o salvamento arqueológico e resultados obtidos em fevereiro de 1999	Indeterminada
21/6/2001	IBAMA	Autorização de Supressão de Vegetação nº 016/2001	365 dias
28/8/2001	IBAMA	Licença de Operação - LO nº 160/2001	4 anos
29/8/2001	IBAMA	Licenças nº 264/2001 e 265/2001 Resgate e Manejo da Fauna	45 dias
4/12/2001	IBAMA	Licenças nº 344/2001 Resgate e Manejo da Fauna	13 meses
25/4/2005	Consórcio Machadinho	Requerimento para Renovação da Licença de Operação nº 160/2001	Indeterminada
20/12/2005	FATMA	Licença Ambiental de Operação - LAO FATMA nº 1027/2005 para LT 500 kV UHE Machadinho/Itá-Campos Novos	96 meses (até 20/12/2013)



# CAPÍTULO 2

INVENTÁRIO  
E VIABILIDADE

## 2.1 Histórico

A Usina Hidrelétrica Machadinho foi objeto de estudos, em diferentes níveis de detalhamento, desde a década de 1960.

No conjunto desses estudos destacam-se:

- ♦ Os estudos de inventário da bacia do rio Uruguai, realizados pelo Comitê de Estudos Energéticos da Região Sul (Enersul), com supervisão da CANAMBRA, entre 1966 e 1969.
- ♦ Os estudos de revisão desse inventário, elaborados pelo Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores S/A (CNEC), entre 1977 e 1979.
- ♦ Os estudos de viabilidade técnica e econômica, também a cargo do CNEC, entre 1979 e 1980, aprovados pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) através dos despachos de seus diretores da DCRH/DCAE, publicados no Diário Oficial da União (DOU) entre 18 e 21 de dezembro de 1981, os quais subsidiaram a outorga da concessão à Eletrosul pelo Decreto nº 86.812, de 5/1/1982.
- ♦ O Projeto Básico, entre 1982 e 1984, submetido ao DNAEE e por este aprovado através da Portaria DCAE nº 191, de 11/7/1986, que fixava a data de 30 de setembro de 1993 para início da operação comercial da usina, bem como a revisão desse projeto, a cargo da Eletrosul, entre 1986 e 1989, para levar em conta ocorrências hidrológicas excepcionais registradas em 1983 e 1984.

Até a conclusão desses últimos estudos, a previsão era de que a UHE Machadinho fosse implantada no rio Pelotas, logo a jusante da confluência do rio Apuaê, aproveitando condições topográficas e geológicas particularmente favoráveis ali existentes.

As indefinições e sucessivas postergações da data de início de geração, decorrentes da crise que atingiu o setor elétrico brasileiro a partir de meados da década de 80, contribuíram para que surgissem movimentos sociais, por parte da comunidade local, que deram origem à Comissão Regional de Atingidos por Barragens (CRAB).

A superveniência, nesse mesmo período, da legislação referente à exigência de licenciamentos ambientais e as restrições à formação de grandes reservatórios com expressivos impactos socioambientais, como os provocados pela UHE Machadinho no vale do rio Apuaê, levou a Eletrosul a reavaliar o projeto, na busca de alternativas menos impactantes. Nesse contexto, foi realizado o Estudo de Eixos Alternativos a Montante, que concluiu pela escolha de um novo sítio para implantação da UHE Machadinho, localizado cerca de sete quilômetros a montante da foz do rio Apuaê, onde a confluência do rio Inhandava (ou Forquilha) reproduz condições fisiográficas bastante parecidas com as do eixo previsto anteriormente.

Em atendimento às Leis nº 8.987, de 13/2/1995, e nº 9.074, de 7/7/1995, referentes aos novos procedimentos de concessão de serviços públicos e, mais particularmente, aos de geração e distribuição de energia elétrica para uso público ou privado, a

**O trecho em território nacional da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai abrange aproximadamente 75.300 km<sup>2</sup>, dos quais 46.300 km<sup>2</sup> no estado de Santa Catarina e 29.000 km<sup>2</sup> no estado do Rio Grande do Sul.**

Eletrosul desenvolveu o Processo Licitatório nº 20165004 – Licitação para Seleção de Empresas, visando a constituição de consórcio para implantação e exploração da UHE Machadinho. O vencedor do processo foi o Grupo de Empresas Associadas Machadinho (GEAM), cujas empresas constituintes assinaram com a Eletrosul, em 15 de janeiro de 1997, o Contrato de Constituição do Consórcio Machadinho. Em março de 1999, o GEAM foi sucedido pela Machadinho Energética S/A (MAESA).

## 2.2 Bacia hidrográfica

A Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, integrante da Bacia do Prata se estende por territórios do Brasil, da Argentina e do Uruguai. O trecho em território nacional abrange aproximadamente 75.300 km<sup>2</sup>, dos quais 46.300 km<sup>2</sup> no estado de Santa Catarina e 29.000 km<sup>2</sup> no estado do Rio Grande do Sul.

Para completo aproveitamento do potencial hidrelétrico da bacia do rio Uruguai, resultado dos estudos de inventário realizados, foi proposta a implantação de 30 barramentos. No Relatório de Adequação do Projeto Básico da Eletrosul são indicados em planta e perfil os aproveitamentos situados no rio Uruguai e seus formadores Pelotas e Canoas representam cerca de 92% do potencial da bacia. Dessa parcela, 88% situam-se totalmente em território brasileiro (desenho M3 GE1 001, disponível para consulta nos sites [www.machadinho.com.br](http://www.machadinho.com.br) e [www.maesa.com.br](http://www.maesa.com.br)).

## 2.3 Aerofotogrametria e topografia

Na elaboração dos estudos foi utilizada a rede básica de referência planimétrica, materializada no campo através de seis marcos de concreto com as coordenadas e as cotas da rede do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); uma extensão da rede planimétrica com implantação de quatro vértices permanentes próximos ao local do barramento; levantamento topográfico e batimétrico detalhado do local de implantação das obras, executado na escala 1:1.000; restituições aerofotogramétricas, em escala 1:5.000; ortofotocartas da área da usina e do reservatório em escala 1:10.000; mapas da área do reservatório na escala 1:20.000; nivelamento geométrico apoiado nas referências de nível e em marcos do IBGE existentes; levantamento de 13 seções topobatimétricas do rio Pelotas, no trecho entre os rios Inhandava e Apuaê, com instalação de escalas limnimétricas, e levantamento de cinco seções batimétricas no rio Pelotas e de sete no rio Inhandava, destinadas a complementar os dados para os estudos em modelo reduzido.

**Para completo aproveitamento do potencial hidrelétrico da bacia do rio Uruguai, os estudos de inventário realizados propuseram a implantação de 30 barramentos.**



## 2.4 Geologia e geotecnia

### 2.4.1 Estudos geológicos

#### 2.4.1.1 Geologia regional

A área de interesse da UHE Machadinho apresenta uma geologia homogênea composta por derrames basálticos da formação Serra Geral. Esses derrames atingem, na região, espessuras da ordem de 400 m a 500 m, cobrindo os arenitos eólicos da formação Botucatu.

Os derrames basálticos são caracteristicamente horizontalizados, com pequenos mergulhos, da ordem de 30' a um grau para o Oeste; possuem espessuras de até 90 m e apresentam tipos petrográficos e texturais característicos, tais como zonas de brecha, basaltos amigdaloidais, vesiculares e basalto denso.

Petrograficamente, os derrames superiores, mais espessos, correspondem às rochas do tipo ácido, variando de latitos a riolitos. Por sua maior resistência aos processos erosivos, esses derrames formam a base de um peneplano resistente aos processos de intemperismo. A maior parte dos derrames de médio a grande porte (entre 15 m e 90 m) corresponde ao tipo petrográfico de basalto denso.

Há um derrame que, por suas características petrográficas, pode ser considerado como camada-guia regional. Trata-se de um derrame de basalto vitrificado, de cor marrom-avermelhada, que apresenta tipicamente amígdalas alongadas no contato. Com distribuição regional, essa unidade pode ser encontrada nos locais das usinas de Campos Novos, no rio Canoas; Barra Grande e Machadinho, no rio Pelotas, e forma o derrame intermediário existente no local da barragem.

O local selecionado para a UHE Machadinho encontra-se na borda do chamado Alinhamento do Rio Uruguai, que se estende desde Florianópolis até Itapiranga, no Oeste de Santa Catarina. Esse alinhamento é constituído por uma série de fraturamentos alinhados e, sob a camada basáltica, preenchido por diques de diabásio e falhamentos subverticais de grandes rejeitos nas camadas sedimentares. Esse alinhamento, por extravasão de fluidos magmáticos, deu origem aos derrames basálticos.

#### 2.4.1.2 Geologia local

No local de implantação da UHE Machadinho ocorre um pacote, da ordem de 175 m de espessura, que corresponde a sete derrames de lava designados, do topo para a base, de J a P. Desse pacote, somente as unidades J, K e L, que são as mais espessas, afloram nas regiões das ombreiras, acima do leito do rio e com suas zonas de contato compreendidas entre as elevações 520 m e 385 m. Os derrames menos espessos, que correspondem às seqüências inferiores M,

**O local selecionado para a UHE Machadinho encontra-se na borda do chamado Alinhamento do Rio Uruguai, que se estende desde Florianópolis até Itapiranga, no Oeste de Santa Catarina.**

N, O e P, possuem em média 7,5 m de espessura e ocorrem aproximadamente desde a elevação 374 m até a elevação 325 m.

A diferenciação litológica entre derrames é feita através da separação da zona de contato superior, em geral constituída por uma brecha basáltica, que passa para um basalto vesículo-amigdaloidal e, por final, para um basalto denso na base. O mapa geológico do local é apresentado no desenho MA.15/DE.201, disponível para consulta nos sites [www.machadinho.com.br](http://www.machadinho.com.br) e [www.maesa.com.br](http://www.maesa.com.br).

#### **2.4.1.2.1 Geomorfologia**

A geomorfologia da área resulta da interação entre o tipo litológico de camadas horizontalizadas, com resistências variáveis aos ajustes de intemperismo, e o tectonismo que afetou a região.

Os fraturamentos regionais, que cortaram os derrames e permitiram o acesso de água, causaram uma dissecação acelerada do relevo. Como resultado, a drenagem é controlada por fraturamentos que aceleram a ação do intemperismo nos tipos basálticos menos resistentes. O relevo resultante é o de mesetas profundamente recortadas, vales com ombreiras muito íngremes e cursos d'água retificados, inclusive a drenagem principal do rio Pelotas.

Zonas de brechas mais consistentes associadas a basaltos densos formam o paredão que ocorre logo a jusante da barragem principal, na margem esquerda.

Outra característica desse modelo é a existência de solos colúviais com grande quantidade de blocos de rocha angulares, que predominam em ambas as margens, originados pelo recuo da camada de basalto denso. Também pode ser verificada a grande profundidade de solos de alteração da rocha, caracteristicamente subordinadas à ocorrência de fraturamentos regionais de grande porte.

#### **2.4.1.2.2 Cobertura de solo**

Os solos da região são basicamente siltes argilosos vermelhos com maior ou menor concentração de blocos em sua parcela colúvial. A passagem para solos de alteração de rocha é brusca, normalmente a pequenas profundidades.

As espessuras totais de solos na área do aproveitamento apresentam grandes variações em função do tipo de derrame, presença de fraturamentos e declividade da encosta.

Na margem direita as profundidades de solo variam na faixa de três a cinco metros. Ocorrem, entretanto, profundidades de solo maiores, de forma localizada – até 12 m e, excepcionalmente, 21 m.

Na margem esquerda, a média das profundidades de solo situa-se entre três e quatro metros. Sob a barragem principal ocorre uma zona estreita com profundidades de seis a oito metros, constituída por material transportado das ombreiras. No local do Dique 1 (margem esquerda), as profundidades que ocorrem no topo da sela alcançam 14 m, com média de oito metros.

## 2.4.2 Investigações geológico-geotécnicas

### 2.4.2.1 Investigações realizadas

Foram feitos cerca de 3.000 m lineares de perfuração rotativa e 46 furos de sondagem na região do aproveitamento. Também foram realizadas 25 sondagens a percussão, das quais 11 furos no local do Dique 1, na margem esquerda; 11 percussões mistas com sondagem rotativa no local do Dique 2, na margem direita, e três sondagens a percussão no local do canal de fuga dos túneis de desvio da margem esquerda.

Ao todo, foram investigados 12,28 km por meio de caminhamento eletromagnético, com a utilização do equipamento *Very Low Frequency* (VLF), para determinação de zonas de fraturamento. Através do método sísmico de refração foram realizados 24,26 km de levantamento geofísico, para determinação da cobertura de solo e das características da rocha local.

A campanha de poços de inspeção compreendeu aproximadamente 548 m lineares escavados até o topo rochoso. Além disso, foram realizadas sondagens a trado em cerca de 67 m lineares, principalmente na região do Dique 2.

### 2.4.2.2 Condições de fundação

A fundação da barragem principal compreende todos os derrames basálticos e camadas de brecha basáltica da área de interesse do aproveitamento da UHE Machadinho. Com a fundação na elevação 440 m, a tomada d'água estava totalmente contida no derrame J, que se apresentava como um basalto denso, são e pouco fraturado. O maciço apresentava-se estanque e indicava a necessidade de tratamento pouco intensivo a maiores profundidades.

O trecho horizontal dos túneis forçados, com 90 m de comprimento, está inserido no derrame L e brecha dos derrames K-L, uma situação que favorece a estabilidade do teto. O maciço atravessado é constituído de rocha sã, fraturada no derrame L e pouco fraturada na brecha. O maciço rochoso que suporta a casa de força é constituído por um basalto denso e são, com fraturas muito espaçadas, considerado rocha de muito boa qualidade.

Os túneis de desvio superiores estão localizados na margem esquerda, unindo os vales dos rios Pelotas e Inhandava, situando-se dentro do maciço considerado como rocha de qualidade boa a muito boa. Os túneis inferiores estão localizados na margem direita do rio Pelotas. Atravessam um maciço com rocha de qualidade muito boa em sua parte mediana, satisfatória a pobre no emboque, onde está localizada a estrutura de fechamento do reservatório, e boa no desemboque. O vertedouro, situado na margem direita do rio Pelotas, está totalmente contido no derrame J. Apenas parte da bacia de dissipação atinge o derrame K.

### 2.4.2.3 Materiais naturais de construção

As escavações comuns obrigatórias forneceram boa parte dos solos impermeáveis necessários à construção dos aterros permanentes dos canteiros, enseadeiras, tapete sobre o plinto a montante da barragem principal e diques.

A utilização de material proveniente de áreas de empréstimo praticamente se restringiu à construção do Dique 2, em razão de sua maior distância em relação às principais estruturas, e à complementação dos aterros das enseadeiras e do tapete sobre o plinto, quando não foi possível ou conveniente a utilização dos materiais escavados.

Praticamente todo o volume de rocha da obra foi obtido nas escavações obrigatórias para a implantação das estruturas. Os agregados graúdos e miúdos e a areia para concreto foram obtidos basicamente do basalto denso das escavações obrigatórias.

**De um modo geral, todos os cursos d'água da bacia, com exceção do curso superior do rio Canoas e do curso médio do rio Inhandava, apresentam grandes declividades e vales muito encaixados, estreitos e profundos.**

## 2.5 Meteorologia e hidrologia

### 2.5.1 Características gerais da bacia hidrográfica

Até o local da UHE Machadinho, a bacia hidrográfica do rio Pelotas drena uma área aproximada de 32.000 km<sup>2</sup>, dos quais cerca de 14.370 km<sup>2</sup> correspondem ao rio Canoas, seu principal tributário pela margem direita. Pela margem esquerda seu principal contribuinte é o rio Inhandava, com área de drenagem de 2.480 km<sup>2</sup>. Situa-se entre 26°15' e 28°45' de latitude sul e entre 49°30' e 52°00' de longitude oeste.

De um modo geral, todos os cursos d'água da bacia, com exceção do curso superior do rio Canoas e do curso médio do rio Inhandava, apresentam grandes declividades e vales muito encaixados, estreitos e profundos, com áreas de drenagem predominantemente desmatadas, onde geralmente ocorrem solos pouco espessos e de baixa permeabilidade.

Tais características são responsáveis por um regime fluvial estritamente ligado ao regime pluvial e têm, como consequência, deflúvios diários com uma grande variabilidade. As cheias, em face do reduzido tempo de concentração da bacia, apresentam picos instantâneos muito altos, quase sempre associados a precipitações de grande intensidade. Também ocorrem vazões mínimas acentuadas, freqüentemente inferiores a 3,0 l/s/km<sup>2</sup>.

### 2.5.2 Rede hidrometeorológica utilizada

A tabela 2.1 apresenta as estações climatológicas, pluviométricas e fluviométricas consultadas para o levantamento hidrometeorológico.

Na figura 2.1, obtida do Relatório de Adequação do Projeto Básico, é apresentada a localização das estações hidrometeorológicas situadas na área de interesse do aproveitamento.



### 2.5.3 Clima

Na figura 2.2, obtida do Relatório de Adequação do Projeto Básico, são apresentados os principais elementos climáticos para o local do empreendimento.

#### 2.5.3.1 Precipitação

A precipitação total média anual é de aproximadamente 1.600 mm, com variação entre o máximo de 2.550 mm, em 1983, e o mínimo de 1.110 mm, em 1945.

As precipitações totais médias mensais de longo período apresentam máximas relativas nos períodos de agosto a outubro e nos meses de janeiro e fevereiro. As mínimas relativas são registradas nos períodos de março a maio e em novembro.

Para o local do aproveitamento, o regime pluvial foi definido com base nos dados da estação climatológica de Marcelino Ramos, no Rio Grande do Sul, com características de variação sazonal e interanual idênticas às da bacia em geral.

#### 2.5.3.2 Temperatura

Na bacia, a temperatura apresenta uma distribuição espacial bem regular. A distribuição das isotermas médias anuais permite verificar a influência do relevo da bacia e do fator continentalidade sobre a temperatura, que aumenta gradualmente no sentido de leste para oeste, acompanhando a diminuição de altitude e o distanciamento do mar.

A sazonalidade é típica das zonas temperadas, com máximas no trimestre de dezembro a fevereiro e mínimas no trimestre de junho a agosto. As temperaturas máximas diárias registradas na bacia apresentaram seus pontos culminantes no oeste com a máxima absoluta de 41°C, em janeiro de 1963. Inversamente, os invernos são mais amenos na região oeste da bacia, com diferenças de temperatura, em média, não tão pronunciadas quanto às de verão. Temperaturas de até -8°C têm sido registradas na região de São Joaquim, em Santa Catarina. Em Marcelino Ramos, no Rio Grande do Sul, também têm sido registradas temperaturas negativas, mas com menor frequência e com valores mínimos verificados de -3°C.

#### 2.5.3.3 Ventos

As velocidades médias do vento na bacia, de um modo geral, são baixas, com valores inferiores a 1,0 m/s, mas podem atingir até 4,0 m/s. A direção predominante do vento inclui, geralmente, a componente leste (ventos de sudeste e nordeste).

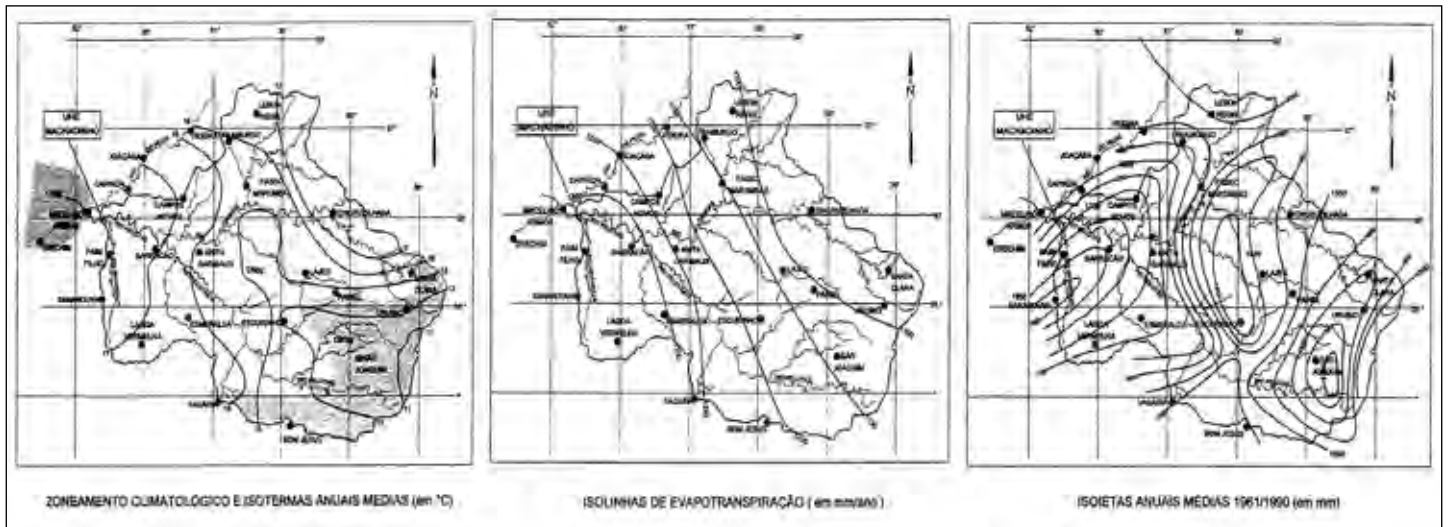
No local do aproveitamento, as velocidades médias anuais são da ordem de 2,0 m/s. A direção dominante é a do quadrante sudeste.

Para a estimativa de formação de ondas no reservatório de Machadinho, a fim de definir a borda livre das estruturas da barragem, foi considerado um vento crítico de 80 km/h, com duração superior a duas horas.

**As temperaturas máximas diárias registradas na bacia apresentaram seus pontos culminantes no oeste com a máxima absoluta de 41°C, em janeiro de 1963.**

Figura 2.2

## Elementos climáticos do projeto



Desenho nº M3 EB3 014

### 2.5.3.4 Evapotranspiração

A evapotranspiração potencial e a evaporação de superfícies líquidas apresentam valores relativamente moderados na bacia do rio Pelotas, com variação entre o máximo de 1.400 mm/ano e o mínimo de 1.100 mm/ano.

### 2.5.3.5 Demais características climáticas

A radiação solar varia entre 7,0 e 15,8 kcal/cm<sup>2</sup>/mês, com média anual de 11,5 kcal/cm<sup>2</sup>/mês. A insolação varia entre 5,3 e 7,9 h/dia, com média anual de 6,6 h/dia. A umidade relativa varia entre 69,2 e 84,7%, com média anual de 76,9%.

### 2.5.4 Deflúvios naturais

As séries de descargas médias mensais obtidas para o local da UHE Machadinho apresentaram uma vazão média de longo período de 727,6 m<sup>3</sup>/s. A vazão máxima média mensal observada no período histórico (1931 a 1994) ocorreu em julho de 1983, com um valor de 6.917 m<sup>3</sup>/s. A vazão média mensal mínima ocorreu em janeiro de 1945, com um valor de 54 m<sup>3</sup>/s.

Verifica-se uma maior frequência de vazões altas nos meses de junho a outubro, principalmente entre julho e setembro. As maiores cheias registradas ocorreram nos meses de julho e agosto.

### 2.5.5 Estudos de cheias

Os estudos de cheias do rio Pelotas em Machadinho, para a definição das vazões de pico e dos hidrogramas característicos das cheias, de projeto das obras de extravasão e de desvio do rio durante a construção, foram desenvolvidos através de aborda-

**A vazão máxima média mensal do rio Pelotas observada no período histórico (1931 a 1994) ocorreu em julho de 1983, com um valor de 6.917 m<sup>3</sup>/s. A vazão média mensal mínima ocorreu em janeiro de 1945, com um valor de 54 m<sup>3</sup>/s.**

gens estatística e hidrometeorológica.

A tabela 2.2 apresenta os valores das cheias para diferentes tempos de recorrência no local da UHE Machadinho.

Tabela 2.2

### Cheias para diferentes tempos de recorrência no local da Usina

Tempo de recorrência (ano)	Descarga (m <sup>3</sup> /s)	
	Média diária	Pico instantâneo
5	10.180	11.450
10	12.490	14.110
25	15.410	17.490
50	17.580	19.990
100	19.730	22.480
250	22.560	25.750
500	24.700	28.220
10.000	33.930	37.350

**Cheia máxima provável:** o hidrograma da cheia máxima provável (QMP) resultante para o local da UHE apresenta um pico máximo de 39.750 m<sup>3</sup>/s.

## 2.6 Reservatório

### 2.6.1 Níveis d'água

O nível d'água máximo maximorum do reservatório, definido com base na simulação da passagem da cheia máxima provável (QMP), resultou na elevação 485,36 m. Da simulação da cheia decamilenar resultou o nível d'água máximo excepcional na elevação 484,38 m. Os níveis d'água máximo normal e mínimo operacional são respectivamente 480 m e 465 m. Os níveis d'água característicos de jusante são: máximo maximorum, 398 m; máximo excepcional, 397,15 m; máximo normal, 374,80 m, e mínimo operacional, 372,90 m. O volume total do reservatório, para o nível d'água máximo normal, é de 3.339 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> e o volume útil é de 1.043 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. A área do reservatório, no nível d'água máximo normal, é de 79,0 km<sup>2</sup> e a área inundada é de 56,7 km<sup>2</sup>.

### 2.6.2 Estudos de remanso

Os resultados obtidos através do modelo de remanso mostraram a inexistência da influência do reservatório da UHE Itá sobre os níveis d'água a jusante da barragem da UHE Machadinho.

### 2.6.3 Borda livre para contenção de ondas no reservatório

Com a finalidade de determinar a borda livre da barragem, foi efetuada uma estimativa das alturas de ondas provocadas por ventos de grande intensidade e duração, em função de sua direção.

O volume total do reservatório, para o nível d'água máximo normal, é de 3.339 X 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> e o volume útil é de 1.043 X 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. A área do reservatório, no nível d'água máximo normal, é de 79,0 km<sup>2</sup> e a área inundada é de 56,7 km<sup>2</sup>.



## 2.6.4 Estudos de enchimento do reservatório

Na análise do tempo de enchimento do reservatório foram determinados os tempos necessários para, com probabilidades de 50% e 90%, serem atingidos o nível da soleira do vertedouro (460 m), o nível d'água mínimo operacional (465 m) e o nível máximo normal (480 m), considerado o início do enchimento em cada um dos meses do ano. Na etapa de operacionalidade das comportas, em agosto de 2001, os tempos de enchimento do reservatório extrapolaram todos os estudos preliminares executados, dada a ocorrência de índices pluviométricos elevados, atípicos na região. O reservatório alcançou os níveis máximos de enchimento em apenas 34 dias, o que levou à necessária abertura das comportas. Esse episódio serviu como um parâmetro de medição dos padrões de comportamento do reservatório e seus tributários.

## 2.6.5 Avaliação do assoreamento e da vida útil do reservatório

Nos estudos de avaliação do assoreamento e da vida útil do reservatório de Machadinho, verificou-se que o volume de sedimentos depositados em 100 anos é bastante inferior ao volume do reservatório na elevação 455 m, correspondente ao fundo do canal de adução da tomada d'água. Conclui-se, portanto, que não haveria problemas para a operação do reservatório durante a sua vida útil.

## 2.7 Meio ambiente - ecologia

### 2.7.1 Principais interferências

Na área ocupada pelo reservatório, de 5.670 ha, existiam apenas três núcleos rurais de pequeno porte: Linha São Paulo, Linha Navegantes e Linha Concórdia, que contavam com diversos equipamentos comunitários.

Nenhum tipo de impacto houve sobre a infra-estrutura regional (redes de alta tensão, rodovias estaduais, federais e respectivas obras de arte). A infra-estrutura afetada tinha caráter local caracterizado por estradas, troncos e vicinais, geralmente sem revestimentos, pontilhões em madeira e rede elétrica de baixa tensão.

As principais instalações atingidas pelo empreendimento de Machadinho levantadas pelos estudos de viabilidade técnica e econômica no final da década de 1970, identificaram 96,9 km de estradas, troncos e vicinais, 87 m de pontilhões, 260 residências, quatro escolas, três igrejas, três salões comunitários, dois cemitérios, dois campos de futebol e uma mini-usina hidrelétrica.

Não havia na região diretamente atingida acervo significativo relativo à arquitetura e a objetos de uso cotidiano da população atingida pela formação do reservatório.

As pesquisas efetuadas indicaram a existência de diversos sítios arqueológicos, de naturezas pré-cerâmicas, pertencentes às tradições culturais umbu e humaitá e das culturas taquara e tupi-guarani, de tradição cerâmica.

No final da década de 1970, os estudos de viabilidade técnica e econômica levantaram as principais instalações a serem atingidas pelo empreendimento de Machadinho: 96,9 km de estradas, troncos e vicinais, 87 m de pontilhões, 260 residências, quatro escolas, três igrejas, três salões comunitários, dois cemitérios, dois campos de futebol e uma mini-usina hidrelétrica.

## 2.7.2 Caracterização ecológica da bacia de drenagem

### 2.7.2.1 Meio natural

Investigações realizadas na etapa dos estudos de inventário já tinham evidenciado alguma alteração na qualidade das águas da bacia, com relação a seus aspectos físico-químicos e biológicos, em consequência da elevada poluição geral, advinda de esgotos urbanos, uso excessivo e inadequado de fertilizantes e pesticidas nas lavouras e, principalmente, pelos esgotos industriais – em especial os das indústrias de papel e celulose, instaladas às margens do rio Canoas.

Essa degradação da qualidade das águas é apontada como a principal responsável pela progressiva diminuição da fauna aquática. A ocorrência de peixes é atualmente muito pequena e raros são os exemplares de porte, razão da inexpressiva atividade de pesca.

Atualmente o panorama geral é o de uma grande lavoura salpicada de capoeiras e amostras pouco significativas de floresta residual, alteradas em função das sucessivas retiradas de madeira com algum valor econômico ou prestativo iniciadas na fase de colonização da região. A exploração agrícola intensa e indiscriminada e a exportação de madeira bruta constituíram os estímulos principais que levaram à supressão das matas.

A fauna terrestre, como consequência da flora, acompanha os passos da supressão da cobertura vegetal e busca refúgio nas manchas de vegetação alterada ainda existentes na região.

### 2.7.2.2 Meio socioeconômico

Foram identificadas na região duas formas de ocupação do solo condicionadas pelas características morfológicas regionais: a área de colônia e a área de campos. A primeira caracteriza-se como área mais densamente ocupada, de intensiva e diversificada exploração da terra, com predomínio de pequenas propriedades, onde a agricultura, a suinocultura e, num segundo plano, a avicultura destacam-se como atividades produtivas principais. Na segunda, predominam as propriedades de porte médio, com extensiva e pouco diversificada exploração do solo, com a presença mais freqüente de áreas de pastagem, em que a atividade econômica de maior relevância é a pecuária. A soja e o milho, plantados em consórcio, são os principais produtos agrícolas da região.

À época dos estudos de viabilidade, a região contava com pouco mais de 100 mil habitantes, pelo Recenseamento do IBGE, de 1980. Vinte anos depois, em 2000, o IBGE registrava cerca de 87 mil habitantes num significativo decréscimo populacional.

O contingente populacional da área encontrava-se fixado predominantemente no meio rural (cerca de 70%). Pode ser constatado, entretanto, um processo de urbanização, relativamente lento, mas com tendência a se intensificar. Nos núcleos urbanos, as habitações são simples, de madeira ou de alvenaria, e a população conta com quase todos os serviços e equipamentos urbanos mais comuns.

**As cidades de Erechim, no Rio Grande do Sul, e Concórdia, em Santa Catarina, são os principais pólos regionais e exercem influência sobre a região.**

As cidades de Erechim, no Rio Grande do Sul, e Concórdia, em Santa Catarina, são os principais pólos regionais e exercem influência sobre a região.

Cabe registrar que a UHE Machadinho não atingiu nenhuma reserva indígena.

## **2.8 Aproveitamento múltiplo do empreendimento**

### **2.8.1 Estudos energéticos**

As simulações de operação da UHE Machadinho, integrada ao sistema interligado da região Sul-Sudeste, e as análises econômico-energéticas realizadas permitiram a definição das características da Usina, com instalação de três grupos hidrogeradores de 380 MW de potência nominal unitária, para um total de 1.140 MW, numa única etapa. A energia assegurada pela ANEEL para a UHE Machadinho é de 529 MW médios e uma produção anual de cerca de 4.634 GWh.

### **2.8.2 Outros usos**

A análise das demais possibilidades de utilização, como irrigação de áreas às margens do reservatório, abastecimento de água nas cidades ribeirinhas, controle de enchentes e recreação, não evidencia qualquer interferência entre as obras projetadas e a implementação futura desses usos. Com relação ao aspecto de navegação, não há planos oficiais de navegação fluvial no trecho superior da bacia do rio Uruguai em face das condições pouco propícias por ele apresentadas e das características morfológicas da região.

As iniciativas do poder público ou de empresas privadas nesse sentido deverão ser coordenadas com o Consórcio Machadinho e o IBAMA, de modo a garantir o uso otimizado dos recursos e a segurança das obras e da população. Tais procedimentos estão consolidados no Plano Diretor do Reservatório, que estabelece as diretrizes de zoneamento dos usos da água e do entorno do reservatório, de acordo com as recomendações contidas na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 302, de 20/03/2002, e que estão detalhadas no capítulo 6 – Plano de Conservação Ambiental e Usos da Água e do Entorno do Reservatório – PCAU.

## **2.9 Escolha do local da barragem**

### **2.9.1 Principais alternativas dos eixos selecionados**

Na fase de Adequação do Projeto Básico, foram analisados preliminarmente os possíveis eixos alternativos no rio Pelotas situados a montante da foz do rio Apuaê, apresentados na figura 2.3 obtida do Relatório de Adequação do Projeto Básico, como a seguir descritos:

- ♦ Eixo 1, posicionado cerca de dois quilômetros a montante da foz do rio Apuaê, que se caracteriza por aproveitar a maior queda dentre os eixos analisados.
- ♦ Eixo 2, localizado cerca de sete quilômetros a montante da foz do rio Apuaê, que possibilita o arranjo mais compacto.
- ♦ Eixo 3, situado cerca de 500 m a montante do eixo 2, e que possui características bastante similares ao eixo 2.
- ♦ Eixo 4, posicionado imediatamente a montante da foz do rio Inhandava, que proporciona a maior redução dos problemas socioambientais.

O nível d'água máximo normal para todas as alternativas foi estabelecido na elevação 480 m, definida no Projeto Básico original, em função das limitações impostas pela UHE Campos Novos, no rio Canoas, e pela UHE Barra Grande, no rio Pelotas.

As curvas de descarga no local foram obtidas em estudos de remanso apoiados em observações de nível locais. Para todos os arranjos desenvolvidos, foram calculados, em função dos respectivos quantitativos, os custos das obras civis, dos equipamentos eletromecânicos, do reservatório, dos impactos ambientais, além dos custos indiretos e planos de desembolso.

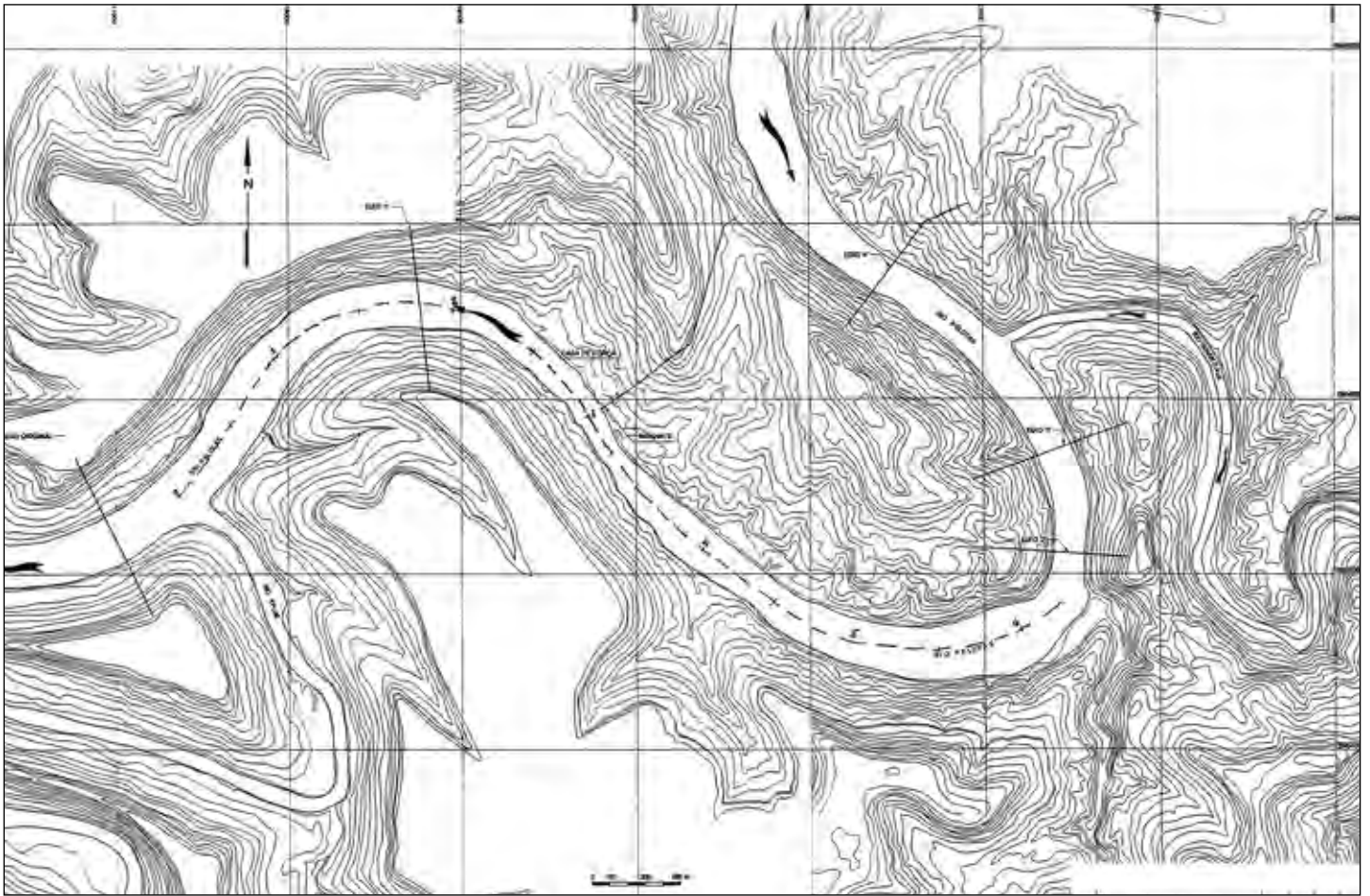
## 2.9.2 Alternativa escolhida

O arranjo geral no eixo selecionado – Eixo 2, conforme a Adequação do Projeto Básico, apresentado nas figuras 1.1 e 1.2, mostra a concepção conforme descrição a seguir:

- ♦ Fechamento do vale do rio Pelotas, por meio da barragem principal, de enrocamento com face de concreto.
- ♦ Dois diques em solo para fechamento de duas selas topográficas, uma a montante, na margem direita do reservatório, e outra entre os rios Inhandava e Pelotas, sobre os túneis de desvio superiores.
- ♦ Ensecadeiras principais, uma a montante da barragem e outra a jusante, incorporada à barragem, dimensionadas para proteção de cheias de dez anos de tempo de recorrência.
- ♦ Desvio do rio efetuado através de quatro túneis, com seção arco-retângulo de 14 m de largura por 16 m de altura. Os túneis T1 e T2 escavados em cota inferior, sob a ombreira direita da barragem principal, foram providos de estruturas de concreto no emboque e comportas de fechamento, e os demais, T3 e T4, em cota superior, sem estrutura de concreto e sem comportas de fechamento, escavados no maciço da sela entre o rio Inhandava e a margem esquerda do rio Pelotas.
- ♦ Vertedouro de superfície na ombreira direita, dimensionado para escoamento das cheias decamilenar e máxima provável, é constituído por uma

Figura 2.3

### Eixos alternativos de montante analisados



Desenho nº M3 AG1 011

**O vertedouro de superfície na ombreira direita é dimensionado para escoamento das cheias decamilenar e máxima provável.**

soleira vertente controlada através de oito comportas tipo segmento, com 17,6 m de largura e 20 m de altura, seguida por um trecho curto do rápido revestido em concreto com posterior trecho escavado em rocha, até a descarga direta no rio Pelotas.

- ♦ Circuito de geração, localizado na ombreira direita, entre a barragem e o vertedouro, constituído por uma tomada d'água apoiada na rocha, com adução individual, através de três túneis forçados, às unidades hidrogeradoras instaladas na casa de força a jusante.
- ♦ Casa de força tipo abrigada, com três unidades hidrogeradoras de potência nominal de 380 MW, com 1.140 MW instalados.
- ♦ Quatro transformadores elevadores trifásicos, dos quais um de reserva, instalados ao tempo, sobre as galerias a montante da casa de força, e subestação de alta tensão do tipo compacta isolada a gás SF<sub>6</sub> e abrigada na galeria superior da casa de força.

### 2.9.3 Interligação da usina ao sistema de transmissão

A integração ao sistema interligado foi realizada por meio de dois ramais de transmissão de 500 kV entre o ponto de seccionamento da linha de transmissão de 500 kV, Itá - Campos Novos, e a subestação blindada a SF<sub>6</sub>, incorporada na estrutura da casa de força da Usina. Também foi previsto espaço físico adicional onde está instalado um terceiro módulo de Linha de Transmissão de 500 kV para Campos Novos.

### 2.9.4 Orçamento estimativo

Para concluir a etapa de viabilização da implantação do aproveitamento foi elaborado o seu orçamento de acordo com as técnicas e procedimentos previstos no Setor Elétrico e de acordo com a itemização constante do Orçamento Padrão Eletrobrás para Usinas Hidrelétricas.

As informações referentes ao orçamento de implantação estão mencionadas no Capítulo 7 – Orçamento.

**A integração ao sistema interligado foi realizada por meio de dois ramais de transmissão de 500 kV entre o ponto de seccionamento da linha de transmissão de 500 kV, Itá - Campos Novos, e a subestação blindada a SF<sub>6</sub>.**



# CAPÍTULO 3

PROJETO



### 3.1 Gerenciamento do projeto

Na implantação da UHE Machadinho, a MAESA contratou, (i) a empresa Andrade & Canellas Consultoria e Engenharia Ltda. para realizar todo o gerenciamento correspondente à Engenharia do Proprietário, e (ii) em regime *turn key*, o Consórcio UNEMAC – União de Empresas Fornecedoras de Machadinho, para o fornecimento de bens e serviços, com a composição e atribuições apresentadas a seguir.

- ♦ Construções e Comércio Camargo Corrêa S/A (CCCC): construtora, montadora dos equipamentos e sistemas eletromecânicos e líder do Consórcio.
- ♦ Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores S/A: projetista, com a responsabilidade pela elaboração do projeto conceitual e de detalhamento das obras civis e das instalações dos equipamentos e sistemas eletromecânicos.
- ♦ Fornecedores de Equipamentos Eletromecânicos: formaram o Grupo Industrial Machadinho (GIM), responsável pelos equipamentos e sistemas eletromecânicos, cujas empresas componentes e os respectivos escopos de fornecimento são apresentados a seguir:

- Alstom Brasil Ltda. (Alstom - Jaguaré), sucessora da ABB - Asea Brown Boveri Ltda, empresa líder e coordenadora do GIM: responsável pelo fornecimento de gerador, transformador elevador, sistema de comando e controle e sistema elétrico auxiliar.
- Alstom Elec S/A, sucessora da Ansaldo-Coemsa S/A: responsável pelo fornecimento de gerador, transformador-elevador, barramento de fases isoladas, sistema de comunicação e material de instalação.
- Voith Siemens Ltda., sucessora da Siemens Ltda.: responsável pelo fornecimento de gerador e sistema de proteção.
- Alstom Brasil Ltda. (Alstom - Taubaté), sucessora da Alstom Energia S/A: responsável pelo fornecimento de turbina e regulador de velocidade, grades da tomada d'água, comporta-segmento do vertedouro, comporta-ensecadeira com rodas do sistema de desvio, pórtico do vertedouro e pontes rolantes principais da casa de força.
- Bardella S/A Indústrias Mecânicas: responsável pelo fornecimento de blindagem dos túneis forçados, comporta-ensecadeira da tomada d'água, comporta-vagão da tomada d'água, comporta-ensecadeira do tubo de sucção, comporta-ensecadeira do vertedouro, comporta-segmento do vertedouro, comporta-corta-fluxo do desvio, pórtico da tomada d'água, pórtico de descarga da casa de força, pórtico do tubo de sucção e pontes auxiliares da casa de força.
- Voith Siemens Hydro Power Generation Ltda., sucessora da Voith S/A Máquinas e Equipamentos: fornecimento de turbina, sistema de serviços auxiliares mecânicos e hidrogerador de emergência.

**Na implantação da UHE Machadinho, a MAESA contratou, (i) a empresa Andrade & Canellas Consultoria e Engenharia Ltda. para realizar todo o gerenciamento correspondente à Engenharia do Proprietário, e (ii) em regime *turn key*, o Consórcio UNEMAC – União de Empresas Fornecedoras de Machadinho, para o fornecimento de bens e serviços.**

A subestação isolada a gás SF<sub>6</sub> foi fornecida diretamente à MAESA pela Siemens AG. O sistema de descarga de vazão sanitária, que não tinha sido originalmente previsto no Projeto Básico, foi fornecido pela UNEMAC.

## 3.2 Projeto básico e projeto executivo

### 3.2.1. Arranjo geral

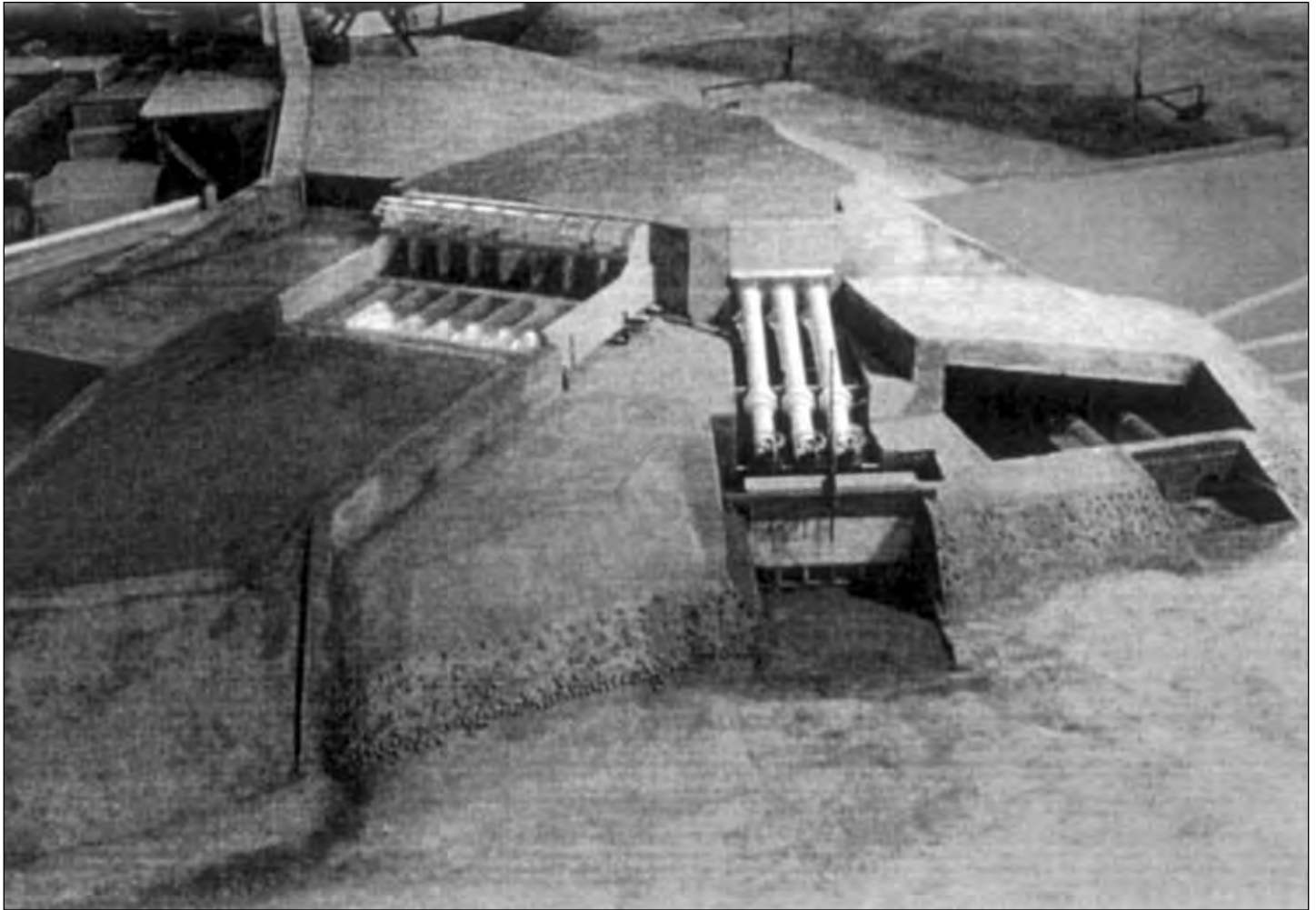
O arranjo do aproveitamento é apresentado nas figuras 1.1 e 1.2. Nele se destacam:

- ♦ O fechamento do vale do rio Pelotas por meio de uma barragem de enrocamento com face de concreto, com altura máxima de 126 m e crista na elevação 485,50 m.
- ♦ As obras de desvio, constituídas pelas ensecadeiras principais, sendo a de jusante incorporada ao maciço da barragem e quatro túneis escavados em rocha com seção arco retângulo de 14 m de largura por 16 m de altura. Dos quatro túneis, dois em elevação inferior, na margem direita do rio, no lado do estado de Santa Catarina, providos de estrutura de concreto no emboque para fechamento final por meio de comportas metálicas, e dois auxiliares em elevação superior, no maciço da sela entre o rio Inhandava e a margem esquerda do rio Pelotas, no lado do estado do Rio Grande do Sul, para fechamento a seco em época de estiagem.
- ♦ O vertedouro de superfície na ombreira direita, dimensionado para escoamento da cheia decamilenar e em condições extremas da enchente máxima provável, com picos amortecidos de cerca de 35.700 m<sup>3</sup>/s e 37.875 m<sup>3</sup>/s respectivamente. Esse vertedouro foi constituído por uma soleira vertente, controlada por meio de oito comportas segmento de 18 m de vão por 20 m de altura, acima da crista na elevação 460 m, seguida de curto rápido revestido em concreto e trecho de jusante simplesmente escavado em rocha.
- ♦ O sistema de geração, constituído por uma tomada d'água, prevista para deplecionamento máximo do reservatório de 15 m, situada entre a barragem e o vertedouro, com três vãos providos de comportas e grades para adução individual às unidades geradoras, por meio de túneis forçados com 9,4 m de diâmetro. A casa de força do tipo abrigada, à direita dos túneis de desvio inferiores, situou-se inteiramente abaixo do nível do pátio de acesso, na elevação 402 m, onde foram alojadas três unidades hidrogeradoras de potência nominal de 380 MW, totalizando 1.140 MW instalados. A casa de força abrigou também, em galeria específica, a subestação de 500 kV, do tipo compacta, isolada a gás SF<sub>6</sub>.
- ♦ Dois diques em solo, com coroamento na elevação 486 m, para fechamento de depressões topográficas, um a montante na margem direita do reservatório e o outro na margem esquerda entre os rios Inhandava e Pelotas, sobre o local de implantação dos túneis superiores.

Para estudos hidráulicos da UHE Machadinho foi implantado modelo reduzido em escala 1:100 no Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza (Cehpar), em Curitiba (PR).

Figura 3.1

### **Modelo hidráulico reduzido**



#### **3.2.1.1 Levantamentos topográficos, geológicos e geotécnicos**

Em abril de 1997, em continuidade às investigações feitas nas etapas anteriores, foi realizada a campanha complementar de sondagens, programada pelo Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores S/A para subsidiar os estudos de consolidação do Projeto Básico. Nessa campanha, de um total de 177 sondagens programadas (109 a percussão e 68 rotativas), foram executadas 60 sondagens a percussão (41 na margem direita e 19 na esquerda) e 51 sondagens rotativas (37 na margem direita, seis na esquerda e oito no leito do rio), perfazendo um total aproximado de 3.700 m de perfuração.

Cabe registrar que, em virtude da grande e freqüente quantidade de blocos de

rocha dispersos no interior do manto de intemperismo, as sondagens a percussão transformaram-se em sondagens mistas. Ou seja: utilizou-se o avanço a percussão, com medida de SPT nos trechos em solo, procedendo a transposição dos matacões e blocos de rocha com equipamento rotativo. Deve-se ressaltar que devido à presença e à atuação do pessoal ligado a movimentos sociais a campanha na margem esquerda não alcançou nível de detalhamento igual ao da outra margem, o que exigiu complementações futuras.

### **3.2.1.2 Localização e acessos**

A UHE Machadinho localiza-se no rio Pelotas a aproximadamente 1.200 m a jusante da foz do rio Inhandava (ou Forquilha), na divisa entre os municípios de Piratuba, no estado de Santa Catarina, e Maximiliano de Almeida, no estado do Rio Grande do Sul, no local identificado pelas coordenadas geográficas 27°31'25" de latitude sul e 51°47'05" de longitude oeste.

#### **3.2.1.2.1 Acessos rodoviários**

A rede viária de estradas pavimentadas, federais, estaduais, e municipais interliga as capitais da região Sul às cidades de Piratuba e Maximiliano de Almeida e à Usina. Por via rodoviária, a Usina está a cerca de 500 km de Florianópolis, via Lages, Campos Novos, Joaçaba, Capinzal e Piratuba. De Porto Alegre, a distância é de 426 km – via Vacaria, Lagoa Vermelha, Sananduva, Paim Filho e Maximiliano de Almeida – ou 440 km — via Passo Fundo, Getúlio Vargas, Erechim, Gaurama, Viadutos e Maximiliano de Almeida. Até Curitiba são cerca de 480 km, via Piratuba, Ipira, Peritiba, Concórdia e União da Vitória.

#### **3.2.1.2.2 Acessos ferroviários**

A região do aproveitamento de Machadinho é servida pela ferrovia RFFSA-153, ramal Erechim – Marcelino Ramos – Joaçaba, em via simples e bitola métrica, que se interliga ao norte, em União da Vitória, com a rede ferroviária dos estados do Paraná e de São Paulo e ao sul, via Passo Fundo, com Porto Alegre.

#### **3.2.1.2.3 Acessos aeroviários**

As cidades de Passo Fundo e Chapecó dispõem de aeroportos com pista asfaltada, servidos por linhas comerciais regulares e dotados de instrumentos IFR, que possibilitam as operações de pouso e decolagem no período noturno. O aeroporto de Lages continua passando por ajustes recomendados pelas autoridades aeroportuárias. Os aeroportos de Concórdia, Erechim e Joaçaba, com distintas extensões de pista, são apresentados a seguir.

- ♦ O aeroporto de Concórdia conta com sistema de rádio-farol e pista de 1.500 m

de comprimento e 18 m de largura, com revestimento asfáltico, podendo receber aeronaves de até 25 t.

- ♦ O aeroporto de Erechim possui uma pista com revestimento asfáltico de 1.375 m de comprimento e 30 m de largura, e outra com saibro de 740 m de comprimento por 18 m de largura, podendo receber aeronaves de até 18 t.
- ♦ O aeroporto de Joaçaba, também com pista asfaltada de 1.260 m de comprimento por 18 m de largura, constitui-se numa alternativa importante em razão de sua proximidade com o local da Usina.

## 3.2.2 Obras de desvio e controle do rio

### 3.2.2.1 Seqüência do desvio do rio

O esquema de desvio do rio Pelotas foi concebido para que a construção da barragem fosse efetuada em três etapas distintas, conforme descrito a seguir. Na primeira etapa, com o rio no seu leito natural, são realizadas as escavações dos túneis destinados ao desvio do rio nas etapas subseqüentes. Os materiais rochosos provenientes das escavações obrigatórias são lançados no leito do rio, a partir da ombreira direita, de modo a provocar um estrangulamento parcial do escoamento. Esses materiais constituem parte do maciço da barragem de enrocamento e das ensecadeiras principais e são protegidos para resistirem à passagem de cheias de até 50 anos de recorrência pela seção estrangulada do rio.

Na segunda etapa, o rio é desviado através dos túneis, apresentados na figura 3.2, de maneira a possibilitar que a obra da barragem ficasse protegida contra a ocorrência de cheias de até dez anos de recorrência após a conclusão das ensecadeiras principais. Nessa etapa, a obra da barragem principal tem prosseguimento com o alteamento prioritário do maciço de enrocamento pelo espaldar de jusante, de maneira que a sua crista atingisse, o mais breve possível, a elevação 447 m. O barramento, nessa elevação, ficaria protegido contra a ocorrência de cheias de até 500 anos de recorrência. Ainda nessa etapa foram executados a escavação, o tratamento de fundação e a construção do plinto do trecho do leito do rio.

Na terceira etapa, dá-se continuidade à construção do maciço da barragem de enrocamento e feitos o lançamento da transição e a construção da laje de impermeabilização em concreto no talude de montante. Com a conclusão das obras civis da barragem, do vertedouro e da tomada d'água, bem como das montagens eletromecânicas dos equipamentos do vertedouro e da tomada d'água, é iniciado o fechamento dos túneis, mediante a construção de uma ensecadeira junto ao emboque dos túneis superiores (T3 e T4), para permitir a construção dos tampões de concreto desses túneis. Após o tamponamento dos túneis superiores, é realizado o fechamento dos túneis inferiores (T1 e T2), com a colocação de comportas metálicas nas estruturas de emboque desses túneis e, posteriormente, a construção dos tampões de concreto,

**O barramento na elevação escolhida ficaria protegido contra a ocorrência de cheias de até 500 anos de recorrência.**

Figura 3.2

**Esquema de controle do rio na segunda etapa – planta**



Desenho MA.00/DE.105

quando ocorresse o início do enchimento do reservatório. No tampão de concreto do túnel T4 seria implantado o dispositivo para a manutenção da descarga mínima de 43 m<sup>3</sup>/s para jusante, descrito adiante.

As vazões de projeto para as diversas estruturas foram calculadas considerando os seguintes valores:

**1ª Etapa**

Septos naturais e de proteção das escavações dos túneis (TR <sup>1</sup> = 5 anos) ..	11.450 m <sup>3</sup> /s
Septo natural de proteção do canal de fuga (TR = 100 anos) .....	22.480 m <sup>3</sup> /s
Estrangulamento do rio (TR = 50 anos) .....	19.990 m <sup>3</sup> /s

**2ª Etapa**

Ensecadeiras (TR = 10 anos) .....	14.110 m <sup>3</sup> /s
Seção prioritária da barragem (TR = 500 anos) .....	28.220 m <sup>3</sup> /s

<sup>1</sup>TR – Tempo de recorrência.

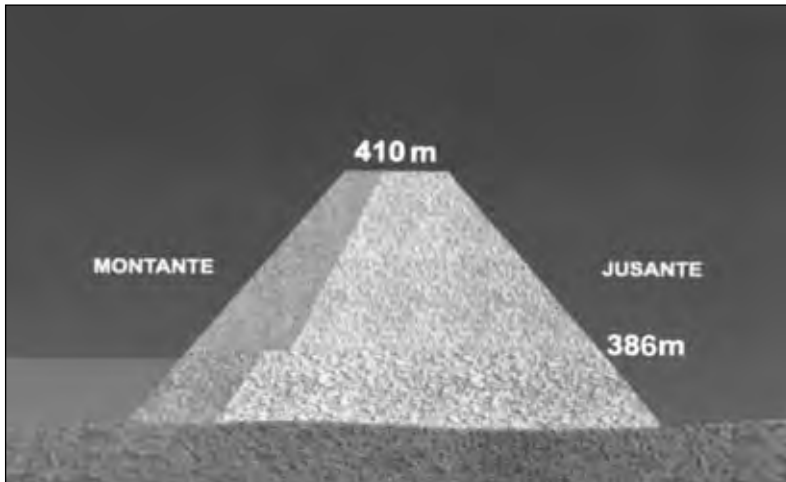
### 3.2.2.2 Ensecadeiras principais e septos naturais

Para a proteção das obras de escavação dos túneis de desvio e da casa de força foram previstos septos naturais junto às margens do rio. Para o caso dos túneis de desvio, esses septos oferecem proteção para cheias em condições naturais de até cinco anos de recorrência. Os septos foram projetados com o coroamento na elevação 385 m, exceto junto ao emboque dos túneis superiores, na margem esquerda do rio Inhandava, cujo coroamento foi projetado na elevação 386 m.

Para a escavação da casa de força, o coroamento foi projetado na elevação 391 m, de maneira que a obra ficasse protegida contra cheias em condições naturais de 100 anos de recorrência. O esquema de fechamento do rio adota uma seqüência para a construção das ensecadeiras de montante e de jusante. As elevações de coroamento das ensecadeiras são definidas com base nos níveis d'água característicos do escoamento da cheia de 10 anos de recorrência, com bordas livres de 1,80 m e 0,80 m para as ensecadeiras de montante e de jusante, respectivamente.

Figura 3.3

#### Ensecadeira de montante – zoneamento de materiais



As ensecadeiras apresentam seção transversal típica de enrocamento com vedação externa de solo argiloso e transição de saprólito duro. A ensecadeira de montante tem a crista na elevação 410 m e largura de dez metros. Na ombreira direita, a montante do eixo da ensecadeira, foi prevista a escavação de um canal no maciço rochoso, com o fundo na elevação 406 m, para construção de um dique fusível com seção homogênea de solo e crista na elevação 408 m.

O conjunto dique-canal permite que, na possibilidade de ocorrência de cheias superiores às de projeto da ensecadeira de montante, com o rompimento da crista do dique fusível, o enchimento do espaço entre essa ensecadeira e o ma-

ciço da barragem se faça de maneira controlada e antes da ocorrência do galgamento da ensecadeira. Desse modo, caso ocorra o galgamento, os possíveis danos à ensecadeira e aos serviços executados na barragem, junto ao plinto, serão minimizados. A ensecadeira de jusante, parcialmente incorporada à barragem principal na sua configuração final, apresenta a crista na elevação 386 m, com largura de dez metros, conforme figura 3.3.

O corpo da ensecadeira de montante garante proteção para vazões de até 14.110 m<sup>3</sup>/s.

### 3.2.2.3 Túneis de desvio

Os quatro túneis de desvio do rio Pelotas, escavados em rocha, têm seção transversal tipo arco-retângulo, todos com 14 m de largura e 16 m de altura. Os túneis inferiores T1 e T2 localizam-se na ombreira direita da barragem principal e são providos

de estruturas de concreto junto aos seus emboques. Apresentam comprimentos de 655 m e 638 m, com o emboque e desemboque nas elevações 370 m e 365 m, respectivamente. Os túneis superiores T3 e T4 localizam-se na ombreira esquerda sob a sela entre o rio Inhandava e o rio Pelotas. Ambos apresentam 343 m de comprimento, com o emboque e desemboque nas elevações 375 m e 365 m, respectivamente.

A cheia afluyente ao local, correspondente a dez anos de recorrência, foi estimada com pico de 14.110 m<sup>3</sup>/s. Essa cheia, ao se escoar pelos túneis, faria com que o nível de água a montante atingisse a elevação 408,20 m e que as velocidades nos túneis inferiores e superiores fossem da ordem de 14 m/s e 17 m/s, respectivamente. Já o escoamento da cheia correspondente a 500 anos de recorrência, estimada com pico de 28.220 m<sup>3</sup>/s, ocorreria com o nível de água a montante na elevação 446,60 m, e com as velocidades, nos túneis inferiores e superiores, da ordem de 21 m/s e 27 m/s, respectivamente.

Junto à entrada e à saída dos túneis inferiores, encontram-se os seus respectivos canais, com os fundos nas elevações 369,50 m e 365 m, respectivamente. Nas extremidades desses canais, localizam-se as soleiras nas elevações 374 m e 373 m, estabelecidas de maneira a evitar escavação subaquática. Da mesma maneira, junto à entrada e à saída dos túneis superiores, os canais têm os fundos nas elevações 375 m e 365 m, respectivamente, e nas suas extremidades as soleiras foram estabelecidas nas elevações 382 m e 373 m. A planta e perfil dos túneis de desvio podem ser consultadas nos sites [www.machadinho.com.br](http://www.machadinho.com.br) e [www.maesa.com.br](http://www.maesa.com.br) nos desenhos TI.14DE.101 e TS.14/DE.111.

#### **3.2.2.4 Estruturas de concreto nos emboques dos túneis inferiores**

Destinadas ao fechamento final dos túneis inferiores, cada estrutura apresenta três aberturas de 4,2 m de largura por 14 m de altura, separadas por pilares. Cada abertura é provida de duas ranhuras para colocação de comportas metálicas de fechamento. No trecho inicial dos túneis, com 21 m de comprimento, é previsto um trecho de transição da seção de 14 m x 14, m do emboque para a seção de 14 m x 16 m do túnel.

O coroamento da estrutura de emboque é estabelecido na elevação 391 m, em função dos níveis de água que poderão ser atingidos pela vazão afluyente de 1.050 m<sup>3</sup>/s durante o fechamento e eventual reabertura de vãos, caso ocorram problemas no processo de fechamento das comportas. A plataforma de operação dos guindastes móveis, na elevação 400 m, é estabelecida para oferecer suficiente segurança à operação de retirada dos guindastes após o fechamento dos túneis.

#### **3.2.2.5 Tampões de concreto dos túneis**

Os tampões destinados ao fechamento definitivo dos túneis 1 e 2 têm 24 m de comprimento, enquanto o tampão do túnel 3 possui 28 m e o do túnel T4, onde será implantado o dispositivo para a manutenção da descarga mínima para jusante, possui 25 m, sendo todos engastados na rocha. Os tampões dos túneis inferiores es-



tão localizados abaixo do plinto da barragem principal, enquanto os dos túneis superiores estão abaixo do Dique 1.

### 3.2.2.6 Principais volumes de serviços das obras de desvio do rio

Escavação comum .....	365.300 m <sup>3</sup>
Escavação em rocha a céu aberto .....	615.300 m <sup>3</sup>
Escavação subterrânea em rocha .....	392.800 m <sup>3</sup>
Concreto do portal e tampões .....	30.000 m <sup>3</sup>
Enrocamento das ensecadeiras principais .....	756.200 m <sup>3</sup>
Transição das ensecadeiras principais .....	45.600 m <sup>3</sup>
Aterro das ensecadeiras principais .....	231.200 m <sup>3</sup>
Enrocamento das ensecadeiras auxiliares .....	61.000 m <sup>3</sup>
Transição das ensecadeiras auxiliares .....	8.600 m <sup>3</sup>
Aterro das ensecadeiras auxiliares .....	72.700 m <sup>3</sup>

### 3.2.2.7 Equipamentos hidromecânicos

O fechamento final dos dois túneis inferiores é efetuado por meio de um conjunto de seis comportas vagão-ensecadeira, com vedação a jusante, operadas somente nas ranhuras de jusante de cada abertura e funcionando como comporta-vagão, com as rodas apoiadas sobre almofadas de elastômero, até a carga hidráulica de 18,3 mca (ou 1,83 kgf/cm<sup>2</sup>). Com a sobrelevação do nível do reservatório, as almofadas são comprimidas e permitem o encosto do cutelo lateral na peça fixa, e o equipamento passa a funcionar como comporta-ensecadeira.

Uma única comporta do tipo vagão, denominada de comporta corta-fluxo e dimensionada para operar contra a carga hidráulica correspondente ao nível de água na elevação 391 m é operada nas ranhuras de montante. Tal comporta permite facilitar a inspeção na ranhura de jusante, no período seco antes do fechamento do rio, e, principalmente, para realizar a descida em emergência durante a operação de fechamento dos túneis, caso ocorra avaria ou acidente durante a operação de fechamento de uma das comportas vagão-ensecadeira.

A movimentação dos painéis das comportas, durante a operação de fechamento dos túneis, é feita por meio de guindastes móveis, a partir da plataforma na elevação 400 m, com o auxílio de hastes de içamento. Em complementação ao equipamento principal e com a finalidade de evitar refluxo pelas ranhuras – caso ocorram vazões de desvio pelos túneis e sobrelevação do nível de água acima da elevação 391 m – é previsto um conjunto de tampas metálicas para fixação sobre as ranhuras das comportas, na plataforma na elevação 391 m existente no emboque dos túneis.

### 3.2.2.7.1 Principais características técnicas dos equipamentos hidromecânicos

Número de túneis fechados por comportas .....	2
Número de aberturas por túnel .....	3
Número de ranhuras por abertura .....	2
Elevação da plataforma de trabalho dos guindastes .....	404 m
Elevação da soleira do túnel inferior .....	370 m
Nível d'água máximo para operação de fechamento .....	388,3 m
Nível d'água máximo normal .....	480 m
Vazão máxima para operação de fechamento .....	1.050 m <sup>3</sup> /s
Vão livre das aberturas .....	4.200 mm
Altura livre das aberturas .....	14.000 mm
Número de comportas vagão-ensecadeira .....	6
Número de comportas corta-fluxo .....	1
Elevação máxima da água para a comporta vagão-ensecadeira	
- funcionando como comporta-vagão .....	391 m
- funcionando como comporta-ensecadeira .....	480 m
Elevação máxima da água para a comporta corta-fluxo .....	391 m
Capacidade dos guindastes móveis para auxílio do fechamento e montagem das comportas .....	2.000 kN
Distância aproximada da linha de centro de giro do guindaste até a face de vedação das comportas vagão-ensecadeira .....	9.500 mm

Os estudos em modelo reduzido do sistema de desvio permitiram otimizar e definir cada uma das suas estruturas.

### 3.2.2.8 Estudos em modelo reduzido

Os estudos em modelo reduzido do sistema de desvio permitiram otimizar e definir cada uma das suas estruturas. O traçado dos túneis superiores foi alterado para possibilitar o posicionamento dos desemboques em local com melhores condições geológicas. Com base nos ensaios, foi alterado o traçado de seu canal de restituição para reduzir as escavações e melhorar o fluxo na região de jusante da barragem, permitindo uma redução da proteção da impermeabilização da ensecadeira da jusante – além de melhorar o desempenho do conjunto, inclusive com a implantação de um espigão junto à margem direita do rio. Com base nesses estudos foram suavizadas as rampas situadas nos canais de desemboque dos túneis entre os patamares de saída e as soleiras de jusante.

A estrutura de emboque para o fechamento dos túneis inferiores foi projetada com 14 m de altura, enquanto os túneis têm altura de 16 m. Foi estudada alternativa de ampliação da altura dessa estrutura para 16 m para verificar uma eventual otimização do sistema. Posteriormente, essa alternativa foi descartada. Com os túneis e canais de adução e restituição otimizados, foram determinadas curvas de descarga para o sistema, a partir das quais são definidas as alturas das ensecadeiras de montante e de

**A barragem principal da UHE Machadinho tem um eixo retilíneo de cerca de 673 m de extensão.**

jusante e a cota de alteamento da barragem para a segunda etapa de desvio.

Por meio dos estudos em modelo foram definidos os avanços máximos da barragem e da ensecadeira principal, assim como a proteção necessária para os taludes desses avanços que estrangulam a calha do rio durante a primeira etapa do desvio. Assim foi estudada a operação de fechamento do rio para o seu desvio pelos túneis e também o funcionamento do dique fusível de proteção da ensecadeira principal.

### **3.2.3 Barragem e diques**

#### **3.2.3.1 Barragem**

##### **3.2.3.1.1 Concepção geral e seqüências construtivas da barragem**

A barragem principal da UHE Machadinho tem um eixo retilíneo de cerca de 673 m de extensão, com o topo do maciço de enrocamento na elevação 480 m. A sua implantação foi condicionada por restrições topobatimétricas e geológico-geotécnicas do local, caracterizadas respectivamente por:

- ♦ Uma fossa existente no leito do rio, imediatamente a montante da deflexão para direita (com ângulo de cerca de 90°) que o rio sofre no local, na qual foram medidas profundidades cerca de 25 m maiores que a elevação média do fundo do rio.
- ♦ A drenagem que ocorre na encosta da margem direita, quase perpendicular ao rio, na qual foi reconhecida uma elevada espessura de solo (superior a 20 m entre as elevações 430 m e 465 m), com algumas passagens de rocha.

Desse modo, na margem direita, o eixo da barragem foi locado cerca de 40 m a montante do coroamento da tomada d'água, ao qual está interligado através de chicana da pista, na elevação 485,5 m.

Para permitir o melhor aproveitamento dos materiais rochosos provenientes das escavações obrigatórias das demais estruturas ou das pedreiras e, ao mesmo tempo, possibilitar a construção de um maciço com deformabilidade adequada, o corpo do enrocamento é oportunamente zoneado. Com esse mesmo propósito, a fundação é estabelecida no topo do maciço rochoso, graduando, porém, o nível de limpeza exigido. A construção é feita em duas etapas básicas de desvio e controle do rio. Na primeira etapa, o rio Pelotas é mantido em seu leito natural, estrangulado num canal com cerca de 80 m de largura junto à margem esquerda. Isso ocorre a partir da construção, na margem direita, dos maciços de enrocamento da ensecadeira de montante e da barragem principal, este último com o talude de montante recuado cerca de 25 m para jusante, com relação à face final da barragem.

Na segunda etapa, com o fechamento e o subsequente alteamento das ensecadei-

ras de montante e de jusante, o rio é desviado pelos túneis e o trabalho prioritário passa a ser o alteamento do maciço de enrocamento da barragem no leito do rio em ritmo tal que, no início do período chuvoso imediatamente subsequente ao desvio, ele atinja a elevação 448,50 m. Esse alteamento é suficiente para que o enrocamento não seja galgado, mesmo na ocorrência de cheias de até 500 anos de tempo de retorno. Para garantir que, nessa eventualidade, as vazões de percolação fiquem reduzidas a valores aceitáveis no que diz respeito à sua ação erosiva sobre o enrocamento, no zoneamento proposto, adota-se a colocação de enrocamento fino (tipo E0) e material de transição (saprólito duro de baixa permeabilidade quando compactado) em toda extensão da face de montante da seção prioritária exposta a essa percolação.

A face de concreto no paramento de montante é assentada sobre duas camadas de transição, uma mais interna de enrocamento fino (tipo E0) e outra externa de material processado (tipo T1), que são compactadas com espessura de 0,4 m, contidas a montante por meio de guias extrudadas de concreto. Para a face é adotada solução tradicional constituída por:

- ♦ Plinto em concreto armado assente e ancorado em rocha, com largura e espessura variadas em função da carga hidrostática, a partir do qual se faz o tratamento da fundação.
- ♦ Laje propriamente dita, levemente armada (seção de aço de 0,35% nas duas direções), com espessura variável de acordo com a equação  $t = 0,30 + 0,002 H$ , a partir de um mínimo de 0,30 m na elevação 480 m, sendo H a altura de qualquer ponto da laje abaixo dessa elevação. A laje é subdividida em painéis contínuos de 16 m de largura, por meio de juntas providas de oportuno sistema de veda-juntas, em face dos deslocamentos esperados, e ligada ao plinto por meio de junta perimetral específica.
- ♦ Muro parapeito em concreto armado, ao longo de toda a crista, com 6,5 m de altura entre a base e o topo, este situado um metro acima da pista acabada do coroamento na elevação 485,50 m. O muro é conformado para conter o trecho final do enrocamento e protegê-lo contra o efeito de ondas provocadas pela ação do vento no reservatório. Com o intuito de reduzir a demanda de material rochoso excedente às disponibilidades das escavações obrigatórias das demais estruturas, a qual deve ser obtida de pedreira, é construído um muro de contenção de 4 m de altura, adicionalmente, pelo lado de jusante do coroamento.

### 3.2.3.1.2 Maciço de enrocamento

#### a. Seção típica

A barragem da UHE Machadinho tem seção típica de enrocamento com laje de

concreto apoiada sobre o talude de montante. Os taludes de montante e de jusante têm inclinação de 1V:1,3H e 1V:1,2H, respectivamente, tendo a barragem uma altura máxima de cerca de 125 m. Sua concepção foi constituída por diversos tipos de enrocamentos, no que diz respeito às suas propriedades geomecânicas e espessuras das camadas compactadas, cujas rochas foram oriundas das escavações obrigatórias ou de pedreiras. Observa-se que, inicialmente, se previu a caracterização do enrocamento através de sua composição litológica, conforme empregado em diversas obras similares, onde, por exemplo, no terço de montante (Enrocamento E1) é especificado um mínimo de 70% de basalto denso são, como no caso da barragem de Foz do Areia.

Entretanto, como nas escavações obrigatórias a céu aberto, na região da casa de força o material obtido apresenta rocha alterada ou de brecha e basalto vesículo-amigdaloidal, oriundos das escavações para os túneis de desvio inferiores, seu emprego não é possível com base nessas recomendações tradicionais. Assim sendo, buscou-se um ajuste das especificações, passando a identificar as rochas com base em suas características geomecânicas, mais especificamente a resistência à compressão simples (uniaxial). Dessa forma, para os enrocamentos situados em áreas da seção transversal, onde se exige maior resistência ao cisalhamento e menor deformabilidade, são especificados valores mais elevados de resistência à compressão uniaxial ( $\sigma_c > 50$  MPa para os enrocamentos E0 e E1;  $\sigma_c > 40$  MPa para o enrocamento E2), enquanto que na zona central podem ser utilizados materiais com  $\sigma_c > 30$  MPa e mesmo carregamentos com presença de rochas alteradas, característica do derrame J.

Para facilitar o controle nas frentes de escavação, foi sugerido o emprego de ensaios de compressão puntiforme, em paralelo à realização de ensaios de compressão uniaxial para amostras do mesmo tipo de rocha, procurando-se estabelecer correlação entre os resultados dos dois ensaios. Essa correlação, entretanto, não se mostrou satisfatória, tendo sido, então, estabelecidos apenas valores mínimos da resistência puntiforme para cada litologia, que, em princípio, garantem resistências à compressão uniaxial superiores aos valores especificados.

#### **b. Definição das condições da fundação do enrocamento**

##### *Caracterização do solo de fundação*

Na região das ombreiras direita e esquerda o capeamento do topo rochoso é constituído por uma camada de solo saprolítico bastante espessa, resultante da alteração da rocha do derrame J. Esse solo apresenta-se como um silte argiloso ou silte areno-argiloso, de coloração marrom-avermelhada ou cinza-esverdeada, poroso (índice de vazios maior que 1,0), com consistência mole a rija.

##### *Análise de estabilidade*

Para subsidiar o projeto da escavação parcial ou total do solo na fundação, foi realizado um estudo abrangente da estabilidade do talude de jusante da barragem, nas regiões da ombreira direita e do leito do rio (fundação em rocha), para a situação de

**A barragem da UHE Machadinho tem seção típica de enrocamento com laje de concreto apoiada sobre o talude de montante.**

final de construção, com o objetivo de avaliar a segurança da geometria projetada, considerando-se a possibilidade de a barragem ficar apoiada sobre camada remanescente de solo saprolítico.

As análises de estabilidade foram realizadas em microcomputador, através do Método de Spencer, que trabalha com a situação de equilíbrio limite, considerando envoltórias lineares de resistência. Para utilização do programa, a envoltória não-linear do enrocamento foi então linearizada, através do zoneamento (delimitação de faixas) do maciço de enrocamento com base no nível de tensão vertical.

Várias espessuras da camada de solo saprolítico remanescente foram analisadas, visando verificar a necessidade ou não da sua retirada. Os resultados das análises de estabilidade efetuadas permitiram concluir que quando apoiada totalmente em rocha, a barragem é estável inclusive com talude de jusante mais íngreme (inclinação de 1V:1,1H). Considerando, porém, que não há registro na literatura técnica a respeito de barragens de enrocamento com face de concreto, de alturas similares, construídas com tal inclinação, foi mantido o valor de 1V:1,2H, que predomina na margem direita sem qualquer interrupção (berma de acesso ao coroamento) com altura máxima em torno de 70 m, o que não deixa de ser um avanço para obras desse tipo. Quando apoiada em solo, a barragem é estável desde que seja deixada uma faixa da ordem de 40 m de largura apoiada em rocha, a montante e a jusante, escavando-se o solo de fundação numa espessura mínima de cinco metros até atingir o solo saprolítico. Tal condição é representativa da região com espessura remanescente de solo igual a 12 m, onde a barragem possui altura de aproximadamente 75 m. Para alturas inferiores, a faixa apoiada em rocha pode ser reduzida para cerca de 30 m.

### c. Estudo do comportamento tensão X deformação

Definida a geometria da alternativa da escavação em solo da fundação da barragem, com base nos resultados das análises de estabilidade, foi elaborado um estudo de comportamento tensão x deformação da barragem por meio do Método dos Elementos Finitos, com a finalidade de verificar o comportamento da laje de concreto em face das deformações do maciço de enrocamento e de sua fundação.

Três seções transversais foram analisadas em estado plano de deformação:

- ♦ Seção representativa da região da margem direita onde ocorre solo saprolítico com espessura de 16 m, tendo a barragem cerca de 75 m de altura. Esta foi analisada para a situação de se manter o solo na região central do maciço e para a situação em que ele fosse totalmente retirado.
- ♦ Seção intermediária entre a anterior e a seção do leito do rio, com altura de

**As análises de estabilidade foram realizadas pelo Método de Spencer, que trabalha com a situação de equilíbrio limite, considerando envoltórias lineares de resistência.**

cerca de 95 m, na qual a camada de solo existente possui menor espessura e foi projetada totalmente escavada para evitar paralisações no andamento da obra.

- ♦ Seção do leito do rio, apoiada em rocha, com 120 m de altura da barragem.

Observou-se que, no caso de se manter uma espessa camada de solo na ombreira direita, ocorre uma bacia de deslocamento, tal como no leito do rio, onde a carga hidráulica é máxima. Desse modo, cria-se na região intermediária entre essas seções uma zona alta, ou seja, uma região de menores deslocamentos, com uma inversão da tendência de abertura nas juntas próximas, com comportamento geral não-usual para uma laje de concreto como paramento impermeável.

Na região próxima ao topo da ombreira direita, onde usualmente ocorrem tensões de tração nas juntas verticais e perimetrais, a situação é intensificada pelo aumento dos deslocamentos diferenciais, em função da existência da segunda bacia, ocasionada pela não-remoção do solo de fundação. Além disso, na hipótese de não-remoção do solo, verificou-se que os deslocamentos diferenciais normais à seção transversal, nas proximidades da junta perimetral, são mais elevados do que na alternativa de escavação total do solo. No caso de se manter solo na porção central do enrocamento, considerando-se as características de fraturamento do derrame J e a elevada condutividade hidráulica de seu contato com o derrame K subjacente, julgou-se que seria necessária a execução de um filtro invertido entre o solo e o enrocamento, como proteção contra um eventual processo erosivo que pode levar a um colapso do enrocamento e ao comprometimento da face de concreto.

#### **d. Solução de projeto**

Os deslocamentos originados pela manutenção de solo compressível na fundação do enrocamento são maiores e atípicos quando comparados com os usualmente registrados se adotada a solução tradicional de fundação em rocha. Todavia, desde que tomados os devidos cuidados na escolha e distribuição das juntas, não há restrição para essa alternativa.

Com base em análises técnico-econômicas complementares, que levaram em consideração os aspectos de prazos, facilidades construtivas e custos envolvidos, decidiu-se pela remoção total da camada de solo saprolítico sob o maciço de enrocamento da barragem. Fatores decisivos foram o custo e os aspectos construtivos relacionados com o filtro invertido comparados com os da escavação do solo de fundação.

Por outro lado, em conjunto com tal decisão, foi flexibilizada a exigência da limpeza da fundação do enrocamento no que diz respeito à exposição do topo rochoso, da seguinte forma: exposição de 100% do topo rochoso no terço de montante da barragem; exposição de 30% do topo rochoso no trecho central, convivendo-se com zonas de saprolito, e exposição de 50% do topo rochoso no terço de jusante, correspondente ao enrocamento tipo E2.

#### e. Construção e controle dos enrocamentos

Na primeira etapa de construção da barragem, em face da grande ocorrência de cargas de enrocamento com material alterado e com finos, é adotada a solução de mistura de cargas de enrocamento na praça de compactação, limitando-se em 30% a quantidade de finos ( $d < 4,8$  mm) e adotando-se, quase que sistematicamente, uma espessura de camada de compactação igual a 0,80 m.

Posteriormente, com a melhora da qualidade da rocha escavada, esses problemas tendem a ser superados. Como a rocha proveniente das escavações apresenta diâmetros máximos entre 0,40 m e 0,60 m, é possível adotar camadas com espessura de 1,2 m e 1,6 m para a compactação dos enrocamentos tipos E2 e E3.

#### 3.2.3.1.3 Plinto e juntas

A figura 3.4 ilustra a implantação do plinto e das juntas.

##### a. Características gerais

O plinto da barragem de enrocamento da UHE Machadinho foi concebido como estrutura de concreto armado, em princípio contínua, com extensão de aproximadamente 870 m sem juntas transversais e ancorada na fundação em rocha. Três tipos básicos foram projetados, com espessuras e larguras das bases específicas definidas em função da carga hidrostática à qual estarão submetidas, a saber:

- ♦ Tipo A, com largura da base de quatro metros e espessura de 0,50 m, a ser utilizado até cerca de 70 m de carga (elevação  $\geq 410$  m).
- ♦ Tipo B, com largura da base de cinco metros e espessura de 0,60 m, a ser utilizado para cargas hidrostáticas entre 70 m e 90 m ( $390 \text{ m} \leq \text{elevação} < 410$  m).
- ♦ Tipo C, com largura da base de sete metros e espessura de 0,70 m, a ser utilizado para cargas hidrostáticas maiores que 90 m (elevação  $< 390$  m).

##### b. Condições de fundação

As escavações para implantação do plinto são definidas a partir da caracterização da Linha X, identificada como sendo a poligonal da interseção da face inferior da laje do paramento, inclinado de 1,3H:1,0V, com trechos subseqüentes e justapostos de superfícies de fundação, com declividade longitudinal constante.

Em princípio essas superfícies foram estabelecidas em rocha sã, limpas e reconstituídas, após a escavação, com concreto de regularização de espessura variável que, nos trechos superiores das ombreiras, pode atingir dimensão métrica. Em face dos condicionantes geomecânicos do trecho basal do derrame J, na ombreira direita, essa recomposição assume as proporções de um muro de gravidade, com altura média de cerca de 12 m, numa extensão de aproximadamente 55 m.

**O plinto da barragem de enrocamento foi concebido como estrutura de concreto armado, em princípio contínua, com extensão de aproximadamente 870 m sem juntas transversais e ancorada na fundação em rocha.**



### c. Geometria do plinto

A geometria da cabeça do plinto foi definida em função da escondidade de cada trecho, caracterizada pela direção com relação ao eixo da barragem e inclinação sobre a horizontal. O princípio básico que norteou essa definição foi garantir a livre movimentação da laje, apoiada sobre o enrocamento, sem quaisquer restrições indesejáveis.

Isso foi possível a partir da definição da inclinação da face de jusante do plinto, de modo que, no plano de sua seção transversal normal, fique perpendicular à laje, estabelecendo a espessura mínima do enrocamento sob a laje, junto ao plinto, que caracteriza a posição da Linha Y, correspondente à interseção da face inferior da laje com a face de jusante do plinto. Essa espessura mínima foi fixada em 0,80 m.

O problema de geometria espacial foi resolvido com o auxílio de modelo tridimensional em AutoCAD 3D, que permitiu definir as coordenadas de cada vértice da poligonal da Linha Y, ao longo da qual foi colocada a veda-junta de cobre Tipo F, do sistema de vedação da junta perimetral, e, para cada trecho de plinto resultante, o ângulo diedro entre a face inferior da laje e a superfície nominal (reconstituída) da fundação do plinto, cujo complemento a 90° caracteriza a inclinação da sua face de jusante.

### d. Vedações das juntas perimetral e entre lajes

Nas junções entre os painéis da laje, submetidas a esforços de tração, foi prevista a colocação de duas veda-juntas, sendo uma de cobre tipo W junto à face inferior e, outra, tipo JJ2270TB da Jeene, na face superior exposta. Já para regiões onde a laje ficaria comprimida, foi adotada a mais econômica entre as duas veda-juntas anteriores.

Entre o plinto e os painéis da laje também foi prevista a colocação de dois dispositivos de vedação, só que nesse caso o inferior seria de cobre tipo F e o superior de um composto tipo IGAS, protegido com uma manta de borracha reforçada com lona, fixada ao plinto e à laje por meio de chapas de aço galvanizado e chumbadores de expansão.

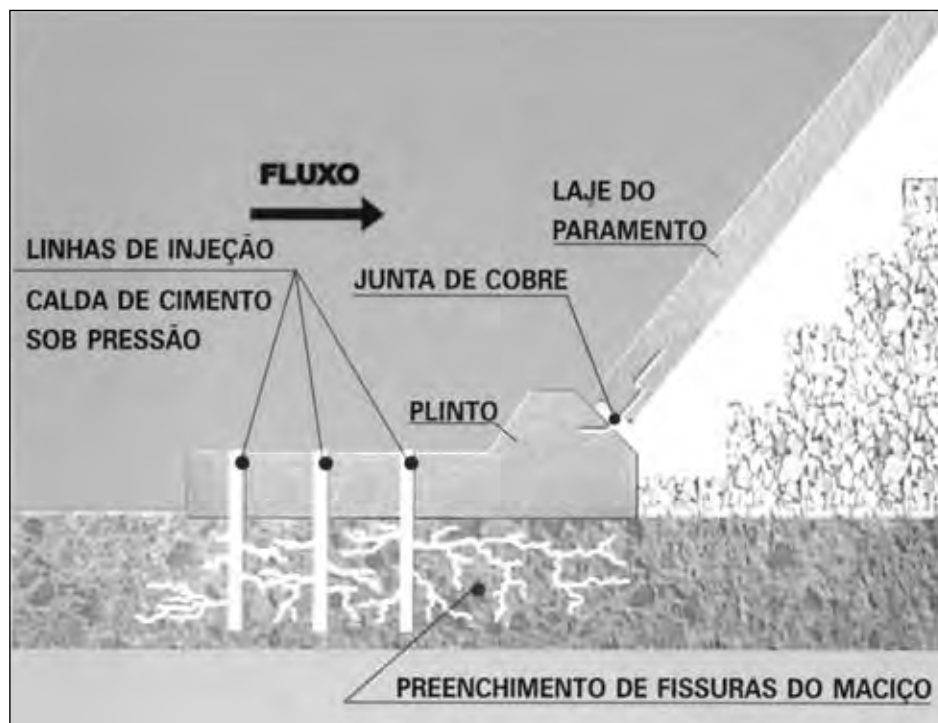
### e. Tratamento da fundação

O tratamento de subsuperfície da fundação do plinto é feito com uma cortina de injeções de calda de cimento, constituída por duas ou três linhas de furos de consolidação e de impermeabilização, cujos comprimentos, azimutes e inclinações são definidos em função das características de fraturamento e condutividade hidráulica do maciço rochoso em cada trecho.

Foi previsto tratamento específico de superfície imediatamente a jusante do plinto nos trechos superiores das ombreiras onde ocorrem descontinuidades abertas e preenchidas por finos, no derrame J. O tratamento foi constituído por concreto dental ou concreto projetado em trechos mais íngremes, eventualmente complementado por camada de filtro a jusante e tapete impermeável a montante do plinto, conforme resultados de estudos de percolação.

Figura 3.4

### Implantação do plinto e das juntas



#### 3.2.3.1.4 Instrumentação

A instrumentação da barragem foi implantada para a realização de um programa de auscultação do seu comportamento, apresentada esquematicamente na figura 3.5, com os seguintes objetivos principais:

- ♦ Aferir o comportamento reológico do enrocamento, de modo a comprovar as hipóteses de cálculo do estado de tensão X deformação da barragem. A partir desses resultados, podem ser feitas análises de comportamento do maciço e, assim, quando julgado conveniente, introduzir alterações no zoneamento ou nos métodos de compactação dos materiais, além de subsidiar a previsão dos deslocamentos da face de concreto, durante o enchimento do reservatório.
- ♦ Aferir o comportamento reológico do saprólito duro adotado como fundação da zona de enrocamento tipo E2/E3.
- ♦ Acompanhar o comportamento da barragem quer quanto à sua estabilidade através das medidas de deslocamento do maciço e do talude de jusante, quer quanto à sua estanqueidade a partir das verificações das deformações da face e conseqüente movimentação das juntas e de um medidor de vazão de infiltração, instalado junto com a ensecadeira de jusante.

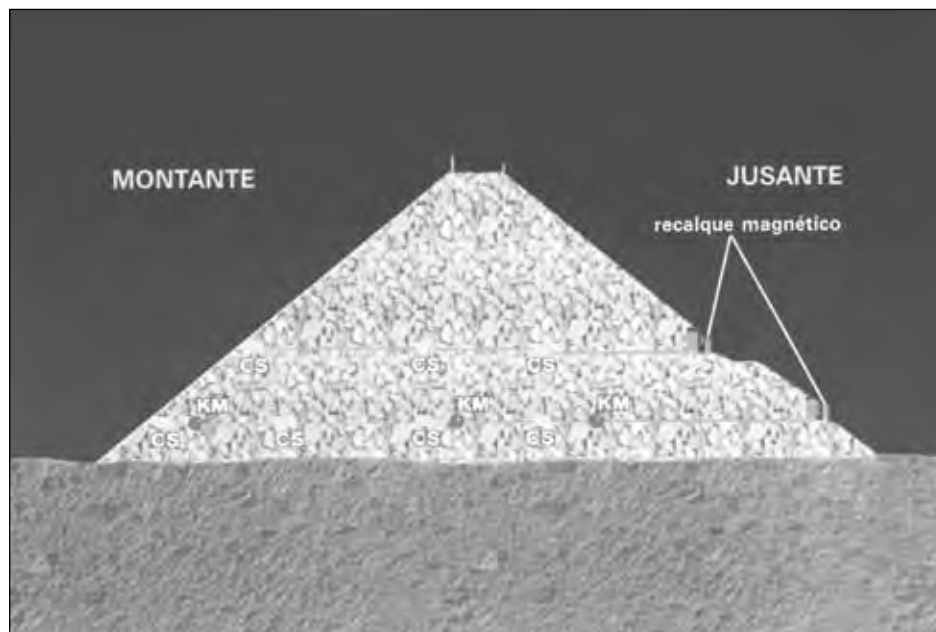
Para conseguir esses objetivos foram instaladas caixas suecas, extensômetros múltiplos

**A instrumentação da barragem foi implantada para a realização de um programa de auscultação do seu comportamento.**

tipos tipo KM, medidores de placas magnéticas e marcos superficiais para medida dos deslocamentos do maciço de enrocamento, além de medidores de abertura da junta nas lajes da face de concreto.

Figura 3.5

### Instrumentação da barragem principal



#### 3.2.3.1.5 Principais volumes de serviços da barragem principal

Volume de enrocamento .....	6.097.000 m <sup>3</sup>
Volume de transição .....	253.000 m <sup>3</sup>
Volume de concreto da laje, plinto e muro .....	49.300 m <sup>3</sup>
Volume de escavação comum .....	541.000 m <sup>3</sup>
Volume de escavação em rocha a céu aberto .....	30.200 m <sup>3</sup>
Volume de aterro para o tapete .....	27.300 m <sup>3</sup>

#### 3.2.3.2 Diques

As principais características dos dois diques podem ser consultadas nos sites [www.machadinho.com.br](http://www.machadinho.com.br) e [www.maesa.com.br](http://www.maesa.com.br) nos desenhos DS.16/DE.103, DS.16/DE.104, DD.16/DE.103, DD.16/DE.104.

##### 3.2.3.2.1 Dique 1

O Dique 1 apresenta os taludes de montante e jusante com inclinação de 1,0V:2,0H, e altura máxima igual a 31 m. O talude de montante é protegido por uma camada de enrocamento (*rip-rap*) e o talude de jusante é gramado. Em um trecho localizado, o talude de jusante está contido por um espaldar de enrocamento compactado.

As investigações realizadas indicaram que os solos de fundação apresentam características geomecânicas adequadas. Foi prevista a escavação do material da fundação com espessura de um metro. O sistema de drenagem interna é constituído por um filtro septo vertical de areia, com espessura de um metro e coroamento na elevação 484,38 m (correspondente ao nível máximo excepcional do reservatório), interligado a um tapete drenante misto de areia e brita sob o talude de jusante.

O maciço impermeável do dique prevê um trecho central, a montante do filtro vertical, constituído por solos superficiais e saprolíticos, confinado por uma zona a montante constituída por saprólito argiloso e por uma zona a jusante do filtro vertical, onde são utilizados tanto os saprólitos com matriz argilosa quanto os saprólitos com matriz arenosa.

### 3.2.3.2.2 Dique 2

O Dique 2 apresenta os taludes de montante e jusante com inclinações iguais a 1,0V:2,5H e 1,0V:2,0H, respectivamente, e altura máxima de 22 m. O talude de montante é protegido por uma camada de enrocamento (*rip-rap*) e o talude de jusante é gramado.

As investigações realizadas indicaram que o solo superficial apresenta consistência mole a média e, assim, é prevista escavação (espessura de dois metros), de modo que o aterro compactado se apóie sobre o solo saprolítico ou saprólito, que apresentam características geomecânicas adequadas de fundação. O sistema de drenagem interna é constituído por um filtro septo vertical de areia, com espessura de um metro e coroamento na elevação 484,38 m (correspondente ao nível máximo excepcional do reservatório), interligado a um tapete drenante de areia, com espessura de um metro, sob o talude de jusante, feito filtro sanduíche.

Analogamente ao Dique 1, o maciço impermeável do Dique 2 prevê uma zona central, a montante do filtro vertical, constituída por solos superficiais e saprolíticos, confinada por uma zona a montante constituída por saprólito com matriz argilosa e por uma zona a jusante do filtro vertical, onde são utilizados tanto os saprólitos com matriz argilosa quanto os saprólitos com matriz arenosa.

**Os diques são estruturas constituídas em aterro de solo, destinadas a evitar a fuga da água em pontos cujas cotas do terreno estão abaixo do nível da água do reservatório.**

### 3.2.3.2.3 Principais volumes de serviços dos diques 1 e 2

	Dique 1 (m <sup>3</sup> )	Dique 2 (m <sup>3</sup> )
Escavação comum	59.160	1.130
Aterro argiloso	113.010	327.210
Transição	22.530	18.520
Filtros horizontal e vertical	15.070	21.040
Enrocamento	32.090	18.060

## 3.2.4 Vertedouro

### 3.2.4.1 Concepção geral

O vertedouro foi constituído por canal de aproximação, estrutura de vertimento, calha revestida em concreto e calha escavada em rocha, a partir da qual é feita a descarga na encosta natural em rocha, junto à margem direita do rio Pelotas, conforme é apresentado na figura 1.2. Para maior detalhamento na concepção do vertedouro consultar os sites [www.machadinho.com.br](http://www.machadinho.com.br) e [www.maesa.com.br](http://www.maesa.com.br), desenhos MA.00/DE.107, MA.00/DE.108, VT.00/DE.101, VT.00/DE.102 e VT.00/DE.103.

O canal de aproximação possui comprimento total da ordem de 300 m. No seu trecho inicial de 220 m, com largura total da ordem de 235 m, a parte do lado esquerdo engloba também o canal de adução à tomada d'água. Nos 80 m junto à estrutura de vertimento, com 175,50 m de largura, o talude de escavação do lado esquerdo do canal é previsto para ser revestido em concreto, em concordância com a face vertical do muro disposto entre o vertedouro e a tomada d'água.

A estrutura de vertimento é de soleira baixa com perfil hidráulico definido de acordo com os critérios preconizados pelo Hydraulic Design Criteria do Corps of Engineers. Apresenta paramento de montante inclinado de 2,0H:3,0V e é subdividida em oito vãos, controlados por comportas tipo segmento e separados por pilares providos de ranhuras para operação de uma comporta-ensecadeira. Os pilares extremos se prolongam para montante e formam muros-guia, de modo a proporcionar boas condições de aproximação do fluxo. No coroamento, sobre os pilares, foi prevista uma ponte para movimentação do pórtico rolante destinado às operações de instalação e retirada das comportas-ensecadeira, e, a montante dela, uma ponte rodoviária com sete metros de largura.

A calha, nos 85,91 m iniciais, é constituída de muros laterais e de uma laje de concreto com declividade de 6,4%. Após essa laje, a calha prossegue escavada em rocha, com declividade de 7%, até a viga-soleira com sete metros de largura e topo horizontal na elevação 425,30 m, implantada transversalmente à calha em toda a sua largura, afastada 180 m do final do trecho da calha revestido em concreto. Essa viga é fortemente ancorada no maciço rochoso por meio de chumbadores longos, de modo a prover o controle de erosões regressivas da rocha. Nesse trecho, ao longo

**O vertedouro tem a função de controlar o nível d'água do reservatório, por meio de oito comportas metálicas.**

de toda a sua extensão, é executado um muro em concreto moldado, ancorado no maciço rochoso, acoplado a uma laje de fundo com sete metros de largura, também ancorada no maciço, para proteger contra a erosão o talude e a calha na ombreira esquerda. A jusante da viga implantada transversalmente à calha é feita uma escavação prévia do material erodível situado à margem direita do rio.

### 3.2.4.2 Estrutura de concreto

A soleira vertente é concebida como estrutura armada apenas para os esforços relativos à retração. A soleira vertente é dividida em oito blocos de concretagem independentes através de juntas transversais de contração, providas de veda-juntas no centro de cada vão. Os blocos centrais medem 22,5 m de largura e os blocos extremos, 13,5 m. Os pilares são de concreto armado e protendido, enquanto a ponte do coroamento, a montante, é formada por concreto pré-moldado.

A estabilidade do bloco típico da soleira vertente, representado por duas metades de vão e um pilar central, foi analisada com critérios e métodos de cálculo tradicionais. As ações consideradas foram o peso da estrutura acabada e as pressões hidrostáticas correspondentes à condição do reservatório no nível d'água máximo normal (elevação 480 m) e nível d'água máximo excepcional (elevação 484,38 m), conforme a seguir:

- ♦ Condição de carregamento normal (CCN)
  - NA = 480 m
  - Comportas fechadas
  - Drenos operantes
  
- ♦ Condição de carregamento excepcional – 1 (CCE1)
  - NA = 484,38 m
  - Comportas fechadas
  - Drenos operantes
  
- ♦ Condição de carregamento excepcional – 2 (CCE2)
  - NA = 480 m
  - Comportas fechadas
  - Drenos operantes
  - Com sismo
  
- ♦ Condição de carregamento limite (CCL)
  - NA = 485,36 m
  - Comportas fechadas
  - Drenos operantes

Para o cálculo das pressões da lâmina d'água sobre a ogiva, utilizou-se estimativa de pressões junto aos pilares. Os fatores de segurança encontrados satisfazem aos critérios utilizados. As características principais, resultantes dos estudos e dimensionamentos hidráulicos e estruturais, são:

Nível d'água máximo normal do reservatório .....	480 m
Nível d'água máximo excepcional do reservatório (escoamento da cheia decamilenar) .....	484,38 m
Nível d'água máximo maximorum do reservatório (escoamento da cheia máxima provável) .....	485,36 m
Descarga máxima excepcional defluente (pico amortecido da cheia decamilenar) .....	35.703 m <sup>3</sup> /s
Descarga máxima maximorum defluente (pico amortecido da cheia máxima provável) .....	37.874 m <sup>3</sup> /s
Nível d'água máximo excepcional de jusante .....	397,15 m
Nível d'água máximo maximorum de jusante .....	398 m
Elevação da crista da soleira vertente .....	460 m
Carga de projeto .....	20 m
Largura útil da soleira .....	144 m
Número de vãos .....	8
Largura útil de cada vão .....	18 m
Espessura dos pilares intermediários .....	4,5 m
Espessura dos pilares extremos .....	4,5 m
Comprimento total da estrutura .....	184,5 m
Elevação da ponte do coroamento .....	485,5 m
Largura da calha .....	175,5 m
Comprimento da calha em concreto .....	85,91 m
Comprimento da calha em rocha (incluindo a viga-soleira) .....	187 m

### 3.2.4.3 Principais volumes de serviços do vertedouro

Concreto .....	120.600 m <sup>3</sup>
Escavação comum .....	1.023.000 m <sup>3</sup>
Escavação em rocha .....	2.874.000 m <sup>3</sup>

### 3.2.4.4 Equipamentos hidromecânicos

Em cada um dos oito vãos do vertedouro, o projeto previu uma comporta segmento e uma ranhura para operação da comporta-ensecadeira. Cada comporta-segmento é manobrada por dois cilindros hidráulicos de simples efeito, que podem operar em qualquer posição de abertura. Cada uma das quatro salas existentes nas extremidades de jusante dos pilares pares aloja a central de óleo hidráulica, o quadro

de controle e os indicadores de posição das comportas, equipamentos que atendem a duas comportas-segmento contíguas. Na falta de suprimento de energia elétrica, a eventual operação das comportas, em situação de emergência, poderá ser feita por meio de bombas acionadas por motor diesel de partida manual.

A comporta-ensecadeira é composta por oito painéis iguais e intercambiáveis, manobrados pelo pórtico rolante do vertedouro, com o auxílio de viga-pescadora. O equilíbrio de pressões, entre os lados de montante e jusante da comporta, é conseguido por meio do arrancamento parcial do painel superior. Os painéis ficam estocados nas ranhuras de cada um dos oito vãos, apoiados em dispositivos de estocagem.

#### 3.2.4.4.1 Comporta-ensecadeira

Tipo .....	deslizante
Quantidade de comporta-ensecadeira .....	1
Quantidade de painéis por comporta .....	8
Quantidade de jogos de peças fixas .....	8
Quantidade de viga-pescadora .....	1
Vão livre .....	18 m
Altura livre total da comporta-ensecadeira .....	20,8 m
Altura livre de cada painel .....	2,6 m
Elevação da soleira .....	460 m

#### 3.2.4.4.2 Comporta-segmento

Acionamento .....	cilindros hidráulicos, simples efeito
Quantidade de comportas .....	8
Quantidade de jogos de peças fixas .....	8
Quantidade de centrais de óleo hidráulicas .....	4
Raio da comporta .....	20 m
Vão livre .....	18 m
Altura medida a partir da viga da soleira .....	22 m
Nível d'água máximo normal .....	480 m
Nível d'água máximo maximorum (QMP) .....	485,36 m
Nível d'água máximo excepcional .....	484,38 m
Elevação do apoio na soleira .....	459,025 m
Elevação dos eixos dos mancais principais .....	468,727 m
Elevação da borda inferior da comporta na posição totalmente aberta .....	479,5 m
Velocidade de elevação e abaixamento da comporta no plano de paramento ....	0,3 m/min
Velocidade máxima do óleo nas tubulações de pressão .....	4 m/s
Velocidade máxima do óleo nas tubulações de sucção .....	1,2 m/s
Pressão máxima do óleo no sistema óleo-hidráulico .....	21 MPa



### 3.2.4.4.3 Pórtico rolante

O pórtico rolante é equipado com mecanismo de guincho fixo para serviço externo e com plataforma superior totalmente coberta. Há ainda a suspensão por meio de dois moitões fixados na viga-pescadora dos painéis da comporta-ensecadeira, com uma monovia giratória articulada, fixada em uma das pernas de jusante, provida de talha elétrica, que auxilia na montagem e manutenção dos equipamentos das salas das centrais de óleo hidráulicas e das comportas-segmento.

#### a. Classificação do equipamento (Norma NBR 8400 da ABNT):

Estrutura .....	grupo 2
Mecanismo de elevação e translação do pórtico-grupo .....	grupo 1Am
Classe de funcionamento .....	V1

#### b. Elevação

Capacidade nominal do mecanismo de elevação .....	750 kN
Capacidade nominal de cada moitão .....	375 kN
Nível superior do moitão .....	492,5 m
Curso dos moitões .....	30 m
Velocidades operacionais com carga nominal	
Máxima .....	4 m/min
Mínima .....	0,4 m/min
Número mínimo de estágios de velocidade .....	4

#### c. Talha elétrica e monovia giratória

Capacidade nominal do gancho .....	35 kN
Alcance mínimo do gancho em relação ao trilho de jusante .....	5,5 m
Acionamento de rotação da monovia giratória .....	manual
Ângulo de giro aproximado da monovia giratória .....	270°
Curso vertical mínimo do gancho .....	40 m
Velocidades de elevação .....	15 m/min e 2,5 m/min
Velocidade de translação do trole .....	3,2 m/min

#### d. Velocidades de translação com carga nominal

Máxima .....	20 m/min
Mínima .....	3 m/min
Número mínimo de estágios de velocidade .....	3

#### e. Caminho de rolamento

Vão entre as linhas de centro dos trilhos .....	4,2 m
Extensão dos caminhos de rolamento .....	206 m

#### f. Alimentação elétrica

Características da fonte de alimentação  
fornecida e levada até a caixa  
de ligação do pórtico ..... 480 V<sub>CA</sub> ±10%, 60 Hz trifásica,  
três fios, neutro solidariamente aterrado

#### 3.2.4.5 Estudos em modelo reduzido

O modelo reduzido foi implantado com base no Projeto Básico e, de maneira geral, as estruturas ensaiadas apresentaram bom desempenho. Com base nas observações desses ensaios foram feitas pequenas modificações no vertedouro.

O muro-guia central, de fechamento entre o vertedouro e a tomada d'água, foi reduzido para melhorar o desempenho do fluxo junto às comportas situadas mais próximas a esse muro. O trecho sem revestimento da calha do vertedouro teve sua inclinação ampliada de 3% para 5% com o objetivo de aumentar o nível de proteção na lateral esquerda do canal em rocha. Posteriormente, as condições geológicas mostraram a necessidade do rebaixamento da calha do rápido. Manteve-se a configuração da ogiva e aumentou-se a declividade do rápido para 7%, tanto no trecho revestido quanto no trecho de jusante.

Nessa etapa também foram estudadas a aeração do jato da calha do rápido, uma nova redução no muro de fechamento entre o vertedouro e a tomada d'água – sem redução da eficiência hidráulica do escoamento na entrada do vertedouro – e ainda uma ampliação do canal de aproximação do vertedouro devido à necessidade de aumentar o volume de escavação em rocha para a implantação da barragem.

Foi feita campanha de ensaios para a definição das curvas de descarga do vertedouro com aberturas parciais e totais das comportas, bem como para observar o seu desempenho hidráulico, e determinar parâmetros hidráulicos referentes à configuração final definida para o Projeto Executivo, cujas principais alterações foram a relocação do eixo da barragem e a configuração da lateral direita do canal de aproximação do vertedouro. Nesses ensaios foram feitas, ainda, medições de velocidades junto à lateral direita do canal de aproximação do vertedouro, para subsidiar o dimensionamento da proteção dos taludes. Posteriormente foram feitos ensaios com diferentes aberturas de comportas para fornecer subsídios para a elaboração de programas e rotinas para a otimização da operação dessas comportas, verificando-se também o fluxo junto ao canal de adução da tomada d'água. Como houve a necessidade de reduzir a escavação prevista para o canal de aproximação do vertedouro, alterando a sua geometria, essa nova geometria do canal foi implantada em modelo para análise de seu funcionamento. Verificou-se que a nova geometria não alterou significativamente a eficiência do vertedouro. Realizou-se estudo de verificação do processo de erosão e deposição do material da margem esquerda quando da operação do vertedouro, assim como estudo para analisar o volume de material que se depositaria no leito do rio, a jusante do aproveitamento, em consequência das erosões que podem ocorrer na calha do vertedouro.

**A tomada d'água apresenta três aberturas para adução independente, através de túneis forçados, às unidades geradoras instaladas na casa de força.**

### **3.2.5 Tomada d'água**

#### **3.2.5.1 Canal de adução**

O canal de adução possui cerca de 150 m de comprimento e 60 m de largura junto à tomada d'água. Devido à sua proximidade com o vertedouro, no trecho inicial de cerca de 100 m esse canal é comum ao seu canal de aproximação.

#### **3.2.5.2 Características gerais da estrutura**

Com a estrutura em concreto, tipo gravidade aliviada e apoiada no maciço rochoso com 47,70 m de altura e 61,20 m de comprimento, a tomada d'água apresenta três aberturas para adução independente, através de túneis forçados, às unidades geradoras instaladas na casa de força. A planta e cortes do arranjo geral da tomada d'água podem ser consultadas nos sites [www.machadinho.com.br](http://www.machadinho.com.br) e [www.maesa.com.br](http://www.maesa.com.br) nos desenhos TA.00/DE.101, TA.00/DE.102 e TA.00/DE.103.

As aberturas junto à entrada são protegidas por grades e dispõem, cada uma, de duas ranhuras, a de montante para operação da comporta-ensecadeira e a de jusante para operação da comporta-vagão. Essas aberturas são estabelecidas de maneira que, na condição de engolimento máximo da turbina ( $Q = 435 \text{ m}^3/\text{s}$ ), as velocidades na seção das grades e da comporta-vagão não ultrapassem os valores de 1,25 m/s e 5,50 m/s, respectivamente.

A soleira das comportas foi estabelecida na elevação 443,40 m, enquanto que as grades ficam apoiadas na elevação 439,42 m. As suas formas, no piso e nas laterais, resultam da combinação de trechos retilíneos com arcos de círculo e no teto resulta da combinação de trecho retilíneo com trecho elíptico. Cada abertura no trecho de montante é subdividida em dois vãos de 7,5 m de largura, através de um pilar central de concreto com um metro de espessura. A largura nas seções das comportas é de 7,6 m e a altura é de 11,8 m para a comporta-ensecadeira e de 10,60 m para a comporta-vagão. Cerca de quatro metros a jusante da seção da comporta-vagão encontra-se o ponto inicial dos túneis forçados.

O coroamento da estrutura é estabelecido na elevação 485,5 m, com 19,1 m de largura, onde está instalado o pórtico rolante destinado à operação e à manutenção dos equipamentos hidromecânicos da tomada (grades e comportas). O acesso entre o vertedouro e a tomada d'água é efetuado através de aterro que, na parte de montante, tem como apoio o muro de concreto disposto entre essas estruturas. Junto à tomada d'água, o acesso à crista da barragem é feito pelo lado de jusante.

Para verificação da estabilidade da estrutura da tomada d'água são adotados critérios e métodos de cálculos tradicionais (modelo estrutural de chapa engastada no contato concreto-rocha), que admitem a permanência de seções planas e de concreto não resistente à tração. Em complementação aos estudos de estabilidade, por estar a tomada d'água apoiada em maciços de rocha a jusante, foi realizada a verificação quanto à flutuação. Concluiu-se que a estrutura apresenta-se com segurança, segundo os critérios utilizados.

### 3.2.5.3 Principais volumes de serviços da tomada d'água

Concreto .....	45.550 m <sup>3</sup>
Escavação comum .....	21.000 m <sup>3</sup>
Escavação em rocha .....	146.200 m <sup>3</sup>

### 3.2.5.4 Equipamentos hidromecânicos

Cada uma das três aduções da tomada d'água é equipada com grades metálicas de proteção, ranhuras para operação de comporta-ensecadeira e comporta de emergência. As grades são do tipo removível, constituídas de oito painéis iguais e intercambiáveis, dispostas em duas colunas de seis painéis sobrepostos. Os painéis inferiores têm bandeja removível para retenção de detritos. Para possibilitar a imediata substituição de painéis que eventualmente necessitem de reparos, existem seis painéis sobressalentes, que são estocados em dois poços localizados no coroamento da estrutura da tomada d'água.

A comporta-ensecadeira é composta de dois painéis, movimentados com o auxílio de uma viga-pescadora, sob equilíbrio de pressão hidráulica entre os lados montante e jusante. Para isso, dispõe de válvulas *by-pass*, instaladas no painel superior e acionadas pelo peso próprio da viga-pescadora. A armazenagem dos painéis e da viga-pescadora é feita no topo das ranhuras, por meio de dispositivos de estocagem.

A comporta de emergência é do tipo vagão, com vedação a montante e fechamento sob ação do seu próprio peso. Tal comporta deverá ter seu fechamento garantido, sob quaisquer condições operacionais da turbina, para uma eventual situação de emergência. Essa comporta é movimentada através de um cilindro hidráulico de simples efeito, instalado parcialmente submerso e apoiado na plataforma da elevação 481 m. Os cilindros são acionados por centrais de óleo hidráulicas, instaladas em salas no coroamento entre as tomadas. A aeração e a desaeração do túnel forçado são efetuadas através de recesso no concreto, a jusante da ranhura da comporta de emergência. As comportas de emergência podem ser retiradas inteiras, com o auxílio do pórtico rolante.

#### 3.2.5.4.1 Grades

Tipo .....	Removível
Quantidade de aduções .....	3
Quantidade de vãos de painéis por adução .....	2
Quantidade de jogos de peças fixas .....	3
Quantidade de conjuntos de peças fixas por jogo .....	2
Quantidade de painéis por adução .....	8
Quantidade de painéis sobrepostos por vão .....	4
Quantidade de painéis sobressalentes .....	4
Quantidade de viga-pescadora .....	1
Vão livre de um painel de grade .....	7,5 m

Altura de um painel de grade .....	4,1 m
Espaçamento entre barras verticais .....	150 mm
Nível mínimo operacional .....	465 m
Elevação da soleira da grade .....	439,42 m
Elevação do topo da abertura .....	464 m
Inclinação do paramento com a vertical .....	1 : 0,2
Vazão máxima por adução .....	435 m <sup>3</sup> /s
Carga de projeto .....	30 kPa
Razão mínima entre a frequência própria das barras e a frequência de turbilhonamento considerando as grades com 50% de obstrução .....	1,5
Elevação da plataforma da tomada d'água .....	485,5 m

#### 3.2.5.4.2 Comporta-ensecadeira

Tipo .....	Deslizante
Quantidade de comporta-ensecadeira .....	1
Quantidade de painéis por comporta .....	2
Quantidade de jogos de peças fixas .....	3
Quantidade de viga-pescadora .....	1
Vão livre .....	7,6 m
Altura livre (na face do paramento) .....	11,8 m
Elevação da soleira .....	443,4 m

#### 3.2.5.4.3 Comporta de emergência

Tipo .....	vagão
Acionamento .....	cilindros hidráulicos, simples efeito
Quantidade de comportas .....	3
Quantidade de jogos de peças fixas .....	3
Vão livre .....	7,6 m
Altura livre (na face do paramento) .....	10,6 m
Elevação da soleira .....	443,4 m
Extensão das guias .....	23,6 m
Vazão máxima por adução .....	435 m <sup>3</sup> /s
Altura do <i>cracking</i> da comporta .....	100 mm
Velocidade de abertura da comporta .....	1 m/min
Velocidade de fechamento antes do amortecimento .....	6 m/min
Velocidade de fechamento após o amortecimento .....	0,5 m/min
Altura do amortecimento do fim de curso .....	200 mm
Velocidade máxima do óleo nas tubulações de pressão .....	4 m/s
Velocidade máxima do óleo nas tubulações de sucção .....	1,2 m/s
Pressão máxima do óleo no sistema óleo-hidráulico .....	21 MPa

### 3.2.5.5 Pórtico rolante

O pórtico rolante é equipado com carro-guincho coberto, para serviço externo, com mecanismo de elevação principal e mecanismo de elevação auxiliar. O mecanismo de elevação principal é utilizado para os serviços com a comporta de emergência e com os painéis da comporta-ensecadeira, esses últimos por meio de viga-pescadora específica. O de elevação auxiliar é utilizado para a colocação dos painéis das grades, também por meio da viga-pescadora específica, para a montagem e desmontagem dos cilindros hidráulicos de acionamento das comportas-vagão e para a movimentação das grelhas e tampas metálicas das ranhuras.

O pórtico é equipado com uma monovia giratória articulada, fixada em uma das pernas de montante e provida de talha elétrica, a qual vai operar o dispositivo do tipo pesca-toras para a retirada de madeira e detritos retidos na frente das grades.

#### 3.2.5.5.1 Classificação do equipamento (Norma NBR 8400 da ABNT)

Estrutura .....	grupo 2
Mecanismo de elevação principal, auxiliar, direção do carro e translação do pórtico .....	grupo 2m
Classe de funcionamento .....	V1

#### 3.2.5.5.2 Elevação principal

Capacidade nominal do gancho .....	850 kN
Nível superior do gancho .....	498,5 m
Nível inferior do gancho .....	446,5 m
Curso do gancho .....	52 m
Velocidades operacionais com carga nominal	
Máxima .....	4 m/min
Mínima .....	0,4 m/min
Número mínimo de estágios de velocidade .....	4

#### 3.2.5.5.3 Elevação auxiliar

Capacidade nominal do gancho .....	150 kN
Nível superior do gancho .....	499,5 m
Nível inferior do gancho .....	444,5 m
Curso do gancho .....	55 m
Velocidades operacionais com carga nominal	
Máxima .....	8 m/min
Mínima .....	0,8 m/min
Número mínimo de estágios de velocidade .....	4

**A adução para as turbinas é efetuada por meio de três túneis forçados escavados em rocha, com comprimento médio de 147 m.**

#### **3.2.5.5.4 Velocidades de direção com carga nominal**

Máxima .....	4 m/min
Mínima .....	0,4 m/min
Número mínimo de estágios de velocidade .....	3

#### **3.2.5.5.5 Velocidades de translação com carga nominal**

Máxima .....	20,0 m/min
Mínima .....	2 m/min
Número mínimo de estágios de velocidade .....	3

#### **3.2.5.5.6 Caminho de rolamento**

Vão entre as linhas de centro dos trilhos .....	14,4 m
Extensão do caminho de rolamento .....	84,4 m
Elevação da plataforma da tomada d'água .....	485,5 m

#### **3.2.5.5.7 Talha elétrica e monovia giratória**

Capacidade nominal do gancho .....	50 kN
Alcance mínimo do gancho a montante em relação ao trilho de montante ....	5,5 m
Acionamento de rotação da monovia giratória .....	Manual
Ângulo de giro aproximado da monovia giratória .....	270°
Curso vertical do gancho .....	50 m
Elevação do pesca-tora .....	492 m
Velocidade de elevação .....	10 m/min
Velocidade de translação do trole .....	5 m/min

#### **3.2.5.6 Estudos em modelo reduzido**

O fluxo na aproximação da tomada d'água foi estudado em modelo reduzido em conjunto com as descargas do vertedouro, buscando causar o mínimo de interferência do vertedouro na geração.

#### **3.2.5.7 Túneis forçados**

A adução para as turbinas é efetuada através de três túneis forçados escavados em rocha, com comprimento médio da ordem de 147 m, dos quais os trechos iniciais, com cerca de 94,5 m cada um, são revestidos em concreto, com diâmetro interno de 9,4 m e espessura de revestimento variando entre 1,3 m e 0,5 m. O trecho restante é revestido em concreto com espessura 0,70 m e blindado em aço. O trecho blindado apresenta uma transição de 5,50 m de comprimento, com diâmetros internos variando de 9,4 m a oito metros. O restante desse trecho tem diâmetro interno de oito metros com extensão de 46,26 m. Para a vazão máxima turbinada, de 435 m<sup>3</sup>/s, as velocidades médias do escoamento são de 6,27 m/s no trecho revestido em concreto

e de 8,38 m/s no trecho blindado.

Na tomada d'água os túneis laterais se afastam do túnel central de uma distância de 24 m e entram na casa de força com o afastamento de 26 m. Os comprimentos reais totais dos túneis, até a interface com o fornecimento da turbina – a 12,80 m da linha de centro longitudinal das unidades geradoras –, são de 147,20 m para os túneis 1 e 2 e de 147,23 m para o túnel 3. As duas curvas dos túneis têm raios de 30 m.

As blindagens são construídas de chapas de aço calandradas e soldadas e se estendem por 52,75 m. Tal comprimento foi determinado com a adoção do critério de cobertura em rocha, com espessura mínima de 55% da máxima pressão interna, em cada ponto considerado. Seu trecho inicial possui uma peça de transição com comprimento de 6,5 m. O diâmetro inicial de 9,4 m se estende pelo comprimento de um metro, seguido por um cone de redução, com diâmetro variável entre 9,4 m e oito metros e comprimento de 5,5 m.

O trecho blindado inicial é dimensionado para resistir à máxima pressão externa e é provido de anéis de reforço acoplados à blindagem, os quais também têm o objetivo de ancorar e servir como anéis de percolação. O trecho restante é dimensionado para uma menor pressão externa (35 mca), considerando a contribuição da drenagem.

#### 3.2.5.7.1 Principais volumes de serviços dos túneis forçados:

Escavação subterrânea .....	51.100 m <sup>3</sup>
Concreto .....	13.800 m <sup>3</sup>
Peso total de aço .....	1.095 t

### 3.2.6 Casa de força

#### 3.2.6.1 Características gerais da estrutura

As instalações da casa de força compreendem:

- ♦ A casa de força, com três unidades geradoras, todos os equipamentos a elas associados, bem como os equipamentos dos sistemas elétricos e mecânicos auxiliares da usina e, ainda, as áreas para descarga, montagem e almoxarifado geral.
- ♦ A subestação da Usina, do tipo compacta isolada a gás SF<sub>6</sub>, localizada a jusante das unidades na casa de força, com duas saídas de linhas de transmissão.
- ♦ O edifício de controle e administração, localizado na margem esquerda, ao lado da casa de força, que abriga a sala de comando e controle centralizado da Usina e seus serviços técnicos e administrativos.
- ♦ O canal de fuga, escavado em rocha, a jusante dos grupos, com comprimento aproximado de 100 m, para a restituição das águas no leito do rio, com velocidade máxima da ordem de 3,50 m/s, para a condição de máxima vazão turbinada.



As características da estrutura podem ser consultadas nos sites [www.machadinho.com.br](http://www.machadinho.com.br) e [www.maesa.com.br](http://www.maesa.com.br) nos desenhos CF.00/DE.101, CF.00/DE.102, CF.00/DE.103, CF.00/DE.104, CF.00/DE.105, CF.00/DE.106, CF.00/DE.107 e CF.00/DE.108.

A casa de força é uma edificação do tipo abrigada, com aproximadamente 124 m de comprimento, composta por cinco blocos contíguos e independentes de concreto armado, com as juntas transversais entre blocos providas de dispositivos de vedação (veda-juntas). A partir da margem esquerda, o primeiro bloco, denominado AM1, é destinado à área de descarga e depósito de pequenas peças. Após o término da montagem da Usina, tal ambiente foi convertido em oficina eletromecânica. O bloco subsequente, denominado AM2, destina-se à área de montagem e às estruturas de serviço e apoio. Nessa seqüência, seguem-se as estruturas designadas por CF1, CF2 e CF3, que abrigam as respectivas unidades geradoras 1, 2 e 3.

Na elevação 362 m, a jusante das unidades, encontra-se a galeria de serviço e acessos, a qual se estende pelos três blocos da casa de força – CF1, CF2 e CF3. Nessa galeria estão localizados os acessos aos tubos de sucção das três unidades. Também nessa galeria existe uma plataforma metálica, na elevação 367,20 m, que interliga os acessos às caixas espirais das três unidades.

Nessa mesma galeria (elevação 362 m) encontram-se os compressores de rebaixamento e reposição, os reservatórios de ar de rebaixamento, quadros elétricos associados ao rebaixamento e válvulas borboleta automáticas, que isolam os condutos forçados do coletor de água para o hidrogerador de emergência. Na AM2, nessa mesma elevação, estão localizadas a central de óleo hidráulica de acionamento das válvulas de esgotamento e a central de esgotamento e drenagem, sobre os respectivos poços. Os conjuntos motobomba estão instalados na elevação 362 m. Ainda nesse bloco, junto ao elevador, encontra-se a central de coleta e bombeamento de esgoto. A partir desse mesmo bloco, foi previsto o acesso à galeria de esgotamento e drenagem, na elevação 346,90 m, onde estão alojadas as válvulas de esgotamento e enchimento das unidades. A galeria de esgotamento e drenagem possui um outro acesso pelo bloco CF3.

Na elevação 372,40 m, na AM2, encontram-se a central de ar comprimido de serviços gerais e os compressores de ar de regulação. Ainda na elevação 372,40 m, na AM2, encontram-se junto à parede de montante a central de tratamento de água e junto à parede de jusante a central de óleo lubrificante. Essa elevação, ao longo dos blocos CF1, CF2 e CF3 da casa de força, é denominada galeria mecânica, que abriga os tanques de óleo de regulação, os quadros associados, os reservatórios de ar/óleo do regulador de velocidade, os trocadores de calor dos mancais da turbina e os demais acessórios do sistema de regulação. Nessa elevação encontram-se os acessos aos poços das turbinas. A galeria mecânica entre as unidades geradoras tem o piso na elevação 374,90 m, onde se encontram os filtros de água de resfriamento, os filtros hidrociclone da vedação do eixo da turbina, a central de óleo e trocadores de calor do mancal-guia do gerador, os reservatórios de ar para o freio do gerador e o acesso ao poço do

gerador. Na elevação 381,40 m, ao longo dos blocos AM1 e AM2, está localizada a área de montagem da usina. Nessa mesma elevação, nos blocos CF1, CF2 e CF3 da casa de força, encontram-se o piso dos geradores e a galeria elétrica com os equipamentos associados, tais como sistema de excitação dos equipamentos, reatores limitadores de corrente, barramentos de fase isolada, equipamentos e quadros dos serviços elétricos auxiliares, assim como as salas de controle local das unidades.

Existem junto à parede de jusante dois Plenum de Verificação interligados, um na elevação 381,40 m e outro na elevação 372,40 m. Na elevação 389 m, no bloco CF1, encontram-se as salas de baterias e carregadores. Na extensão dos blocos CF1, CF2 e CF3 está instalada a subestação SF<sub>6</sub>. Nessa mesma elevação, na AM2, a jusante, está a sala de telecomunicações. Na elevação 394,60 m, na CF1, estão localizadas a central de ventilação 2 e a sala do hidrogerador de emergência. Nessa mesma elevação, na CF3, está localizada a central de ventilação 1.

Os transformadores-elevadores e os de serviços auxiliares encontram-se na elevação 402 m, denominada pátio dos transformadores, com suas estruturas de ancoragem localizadas na elevação 413 m. A movimentação dos transformadores-elevadores é feita sobre trilhos, localizados em toda a extensão desse pátio. A proteção contra incêndio é realizada por um sistema de água nebulizada e paredes corta-fogo. Na extremidade direita do pátio estão localizados, ainda, a tomada de ar da central de ventilação 1, o tanque separador de água e óleo e a central de óleo isolante.

Na AM2, nessa elevação, situa-se a área de descarga auxiliar e a escotilha de acesso às galerias. Pelo lado de jusante, nessa mesma elevação 402 m, encontra-se o guindaste-pórtico rolante do tubo de sucção, previsto para operação das comportas-enscadeira.

Na elevação 413 m, encontra-se o acesso à passarela de interligação com o edifício de controle, que também dá lugar à passagem dos cabos elétricos e algumas tubulações prediais e ao acesso à casa de máquinas do elevador. As escavações da fundação em rocha sã atingiram seu ponto mais baixo sob os poços de esgotamento e drenagem, na elevação 340,70 m.

A superestrutura da casa de força é constituída por uma parede de montante e por três pórticos paralelos à linha de centro das unidades no lado de jusante, os quais sustentam as vigas de rolamento das pontes rolantes. As paredes de jusante da casa de força estão apoiadas em contrafortes que coincidem com as paredes do tubo de sucção e foram dimensionadas para a condição de a estrutura na elevação 374,90 m já ter sido executada.

A largura do tubo de sucção e da caixa espiral foram determinantes para a definição da largura do bloco em 26 m e foram limitadas, por esse motivo, as espessuras dos contrafortes laterais e centrais em 1,80 m e 2,50 m, respectivamente, para um concreto de fck ≥ 20 MPa. A cobertura da casa de força foi construída em estrutura de telhas de concreto armado protendido, pré-fabricadas (tipo W) e apoiadas em vigas de concreto da estrutura da casa de força.

**A casa de força tem três unidades geradoras, todos os equipamentos a elas associados, bem como os equipamentos dos sistemas elétricos e mecânicos auxiliares da Usina e, ainda, as áreas para descarga, montagem e almoxarifado geral.**

### 3.2.6.1.1 Edifício de controle e administração

À esquerda do canal de fuga, interligado à casa de força e logo a jusante dela, encontra-se o edifício de controle e administração, conforme apresentado na figura 3.6, com as seguintes características:

- ♦ Na elevação 389,35 m, estão localizados o almoxarifado, a sala dos encarregados e de reunião, a sala de ventilação 3 e ar-condicionado do edifício de controle e sanitário/vestiário da usina.
- ♦ Na elevação 402,20 m, encontram-se o ambulatório, a copa e os sanitários. Logo em seguida, na elevação 402,80 m, encontra-se a sala de múltiplo uso e a recepção aos visitantes da usina.
- ♦ Na elevação 406,80 m, localizam-se as salas de treinamento, controle, quadros elétricos, encarregados, programação e arquivo técnico e instalações de copa e sanitários.
- ♦ Na elevação 410,80 m, encontram-se os núcleos administrativos e de chefia da Usina, salas de reunião e de supervisores.
- ♦ Na elevação 414,80 m, cobertura do prédio, foi prevista a instalação do refeitório/cozinha, despensa e área de descanso.
- ♦ Na elevação 419,73 m, situa-se a casa de máquinas dos elevadores.

O edifício de controle possui centrais exclusivas de ar-condicionado por piso. Dessa forma, é possível integrar todas as estruturas da casa de força, inclusive a subestação e a saída de linha, o que resulta em um conjunto compacto, harmonizado por uma composição geométrica que valoriza mutuamente os seus elementos.

### 3.2.6.1.2 Principais volumes de serviços da casa de força

Concreto (inclusive área de montagem e edifício de controle) .....	102.200 m <sup>3</sup>
Escavação em rocha (inclusive área de montagem e canal de fuga) ....	1.148.600 m <sup>3</sup>
Escavação comum .....	136.800 m <sup>3</sup>

### 3.2.6.2 Tratamento da fundação

A fundação da casa de força recebe apenas o tratamento superficial, que consiste em cuidadosa limpeza e remoção dos blocos soltos das superfícies da escavação e na regularização da fundação antes do lançamento do concreto. Nas paredes que envolvem a área de montagem e também no seu piso, na elevação 380 m, instalou-se uma rede de drenagem em meias-canas de PVC rígido e na parede de montante da casa de força optou-se por uma rede de drenagem do tipo Delta Drain entre as elevações 376 m e 400 m.

A água da rede de drenagem externa restante, principalmente a montante das galerias, é coletada diretamente da parede, através de furos horizontais profundos por todo o trecho blindado, direcionado para canaletas e posteriormente para o

poço de drenagem. A rede de drenagem, sob o tubo de sucção, é aberta para o seu interior e as águas de infiltração são drenadas, na condição de comporta encadeada fechada e tubo vazio, através do sistema de esgotamento das unidades. Serviços localizados de estabilização, por meio de ancoragens e/ou concreto projetado, estão previstos como eventualmente necessários em trechos dos taludes mais altos, para evitar a possibilidade de quedas de blocos ou desmoronamentos durante a construção.

Figura 3.6

### Edifício de controle – Implantação geral



Desenho EC01/DE001

#### 3.2.6.3 Equipamentos de geração

A Usina é equipada com três unidades geradoras de eixo vertical, cada uma com potência nominal de 380 MW, conforme diagrama unifilar simplificado apresentado na figura 3.7.

A linha de centro do distribuidor da turbina é projetada na elevação 370 m e o

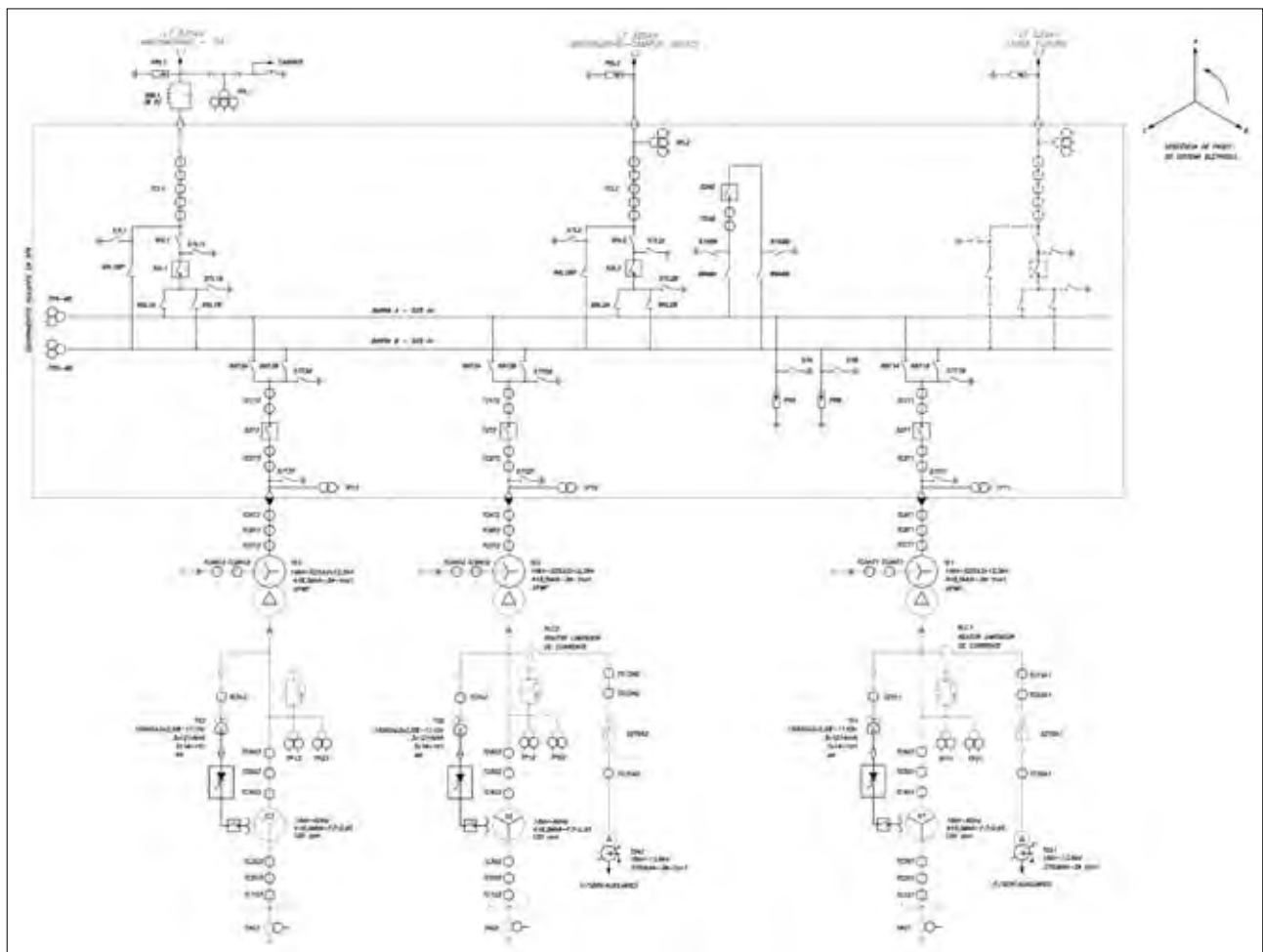
acoplamento entre a turbina e o gerador na elevação 378,12 m. Cada unidade geradora está dimensionada para fornecer a potência nominal de 380 MW, na queda líquida nominal de 97 m, e de 397,50 MW, na queda líquida de projeto da turbina de 101 m, que é o ponto de operação correspondente à potência nominal do gerador de 418,5 MVA, com fator de potência de 0,95. Entre a queda líquida de projeto e a queda líquida máxima igual a 106,45 m, a potência é mantida constante. As três unidades geradoras estão aptas a operar como compensador síncrono.

### 3.2.6.3.1 Turbinas e reguladores

As turbinas hidráulicas são do tipo Francis, de eixo vertical, com potência nominal de 386 MW, sob a queda líquida nominal de 97 m, e de 403 MW, sob a queda líquida de projeto de 101 m, rotação nominal de 120 rpm, rotação de disparo de 220 rpm e vazão máxima turbinada de 435 m<sup>3</sup>/s, sob queda nominal. Devem operar na faixa de quedas brutas compreendidas entre a máxima de 107,10 m e a mínima ex-

Figura 3.7

### Diagrama unifilar simplificado



Desenho EC01/DE001

cepcional de 87,20 m, correspondentes às diferentes condições de variação de níveis de água a montante e a jusante.

O nível de água a montante, em condições normais, pode variar entre o máximo normal de 480 m e o mínimo de 465 m; em situação excepcional, de cheia máxima provável, poderá atingir a elevação 485,36 m. O nível de água a jusante pode variar desde 372,90 m, correspondente a uma única unidade geradora em operação com carga parcial, passando por 374,80 m, correspondente a três unidades com plena carga e sem vertimento, até 397,15 m, no caso de ocorrência da cheia máxima provável.

A caixa espiral, embutida na infra-estrutura da casa de força, é fabricada em chapas de aço e tem uma porta de inspeção na altura da linha de centro do distribuidor. O tubo de sucção é do tipo cotovelo, bipartido em sua parte de jusante por um pilar central de 2,5 m de espessura, com revestimento parcial em chapa de aço, e é provido de uma porta de visita no lado de jusante do trecho cônico inicial, que permite o acesso ao tubo de sucção, a partir da galeria de acesso. A disposição básica dos mancais, resultado das análises de estabilidade da linha de eixo, é a seguinte: um mancal de guia do gerador, localizado acima do seu rotor; um mancal de escora, localizado abaixo do rotor do gerador, apoiado na tampa da turbina por meio de uma estrutura de suporte cônica, e um mancal de guia da turbina, localizado na sua tampa. O eixo principal da unidade é fabricado em uma única peça. É implantada uma galeria circundante, na parte inferior do distribuidor, para permitir a inspeção e a manutenção dos mancais inferiores das palhetas-diretrizes.

O poço da turbina, acessível a partir da galeria mecânica, na elevação 375,90 m, dá acesso à tampa da turbina, à caixa de vedação, ao mancal-guia, aos dois servomotores, ao anel de regulação e a todo o mecanismo de regulação, tubulação e válvulas dos sistemas auxiliares associados. O sistema de regulação e supervisão de velocidade é do tipo digital e eletro-hidráulico, baseado em microprocessadores, configurado em regulador duplo canal. O quadro do regulador digital está localizado na sala de controle local, na elevação 382,90 m. A supervisão de velocidade é realizada através de um sistema de relés estáticos e microprocessadores, ativados por sensores distribuídos ao longo do eixo da unidade geradora. O sistema de regulação e supervisão de velocidade tem característica de modularidade, portabilidade e interconectividade, em conformidade com o modelo OSI (Open System Interconnection). O transdutor eletro-hidráulico e as válvulas-piloto, distribuidora e demais válvulas e equipamentos relativos ao estágio atuador são montados junto ao tanque coletor. O sistema pneumoleodinâmico de pressão, localizado na galeria mecânica na elevação 375,90 m, é constituído de dois reservatórios de pressão ar-óleo, um tanque coletor e bombas de óleo com respectivos equipamentos associados.

O efeito de inércia que foi imposto ao gerador foi estabelecido em 105.000 t x m<sup>2</sup>, após a elaboração de estudos de transientes hidráulicos, em função das carac-

terísticas dimensionais do circuito hidráulico de adução, dos limites impostos para sobrevelocidade da unidade geradora (40%), para a sobrepressão máxima admissível no trecho blindado do túnel (35%) e, ainda, de modo a prover flexibilidade para ajuste dos parâmetros de regulação. O peso total de uma turbina completa é de cerca de 14.000 kN e o peso de um rotor de turbina é de aproximadamente 1.550 kN.

### **3.2.6.3.2 Geradores**

Os geradores síncronos, trifásicos, de 60 Hz têm potência nominal de 418,5 MVA,  $\cos\phi = 0,95$ , tensão nominal 16 kV e rotação nominal de 120 rpm. Os geradores são fabricados com classe de isolamento F, porém com elevações de temperatura limitadas às da classe B, e equipados com um sistema de resfriamento em circuito fechado com trocadores de calor ar-água. Estão instalados em câmaras de concreto com tampas metálicas e fornecidos com sistemas de excitação e regulação estáticos. Têm ainda um sistema de proteção digital, com todas as funções necessárias a máquinas desse porte.

O sistema de excitação é do tipo estático de alta resposta inicial, com ponte de tiristores, alimentada a partir dos terminais do gerador, através de um banco de transformadores monofásicos, a seco, e é controlado por equipamentos digitais e microprocessáveis. É refrigerado a ar, em circuito aberto forçado por ventiladores e possui todos os equipamentos necessários à sua desexcitação rápida, disjunção e proteção.

O sistema de regulação de tensão é digital, duplo canal, baseado em microprocessadores, com característica de multiprocessamento em tempo real, interconectividade e modularidade. O sistema realiza, adicionalmente, as seguintes funções: distribuição de reativo, compensação de reativo, limites de máxima e mínima excitação, limitação de fluxo, sinal adicional de potência, controle conjunto de tensão e controle de reativo. O sistema de excitação inicial é constituído de todos os elementos necessários à autonomia da escova do campo das unidades geradoras, a saber: ponte de diodos, transformador, contactores, relés, sensores para medição e controle da excitação inicial, dispositivos de interface e cabo de alimentação. A alimentação da escova de campo é em corrente alternada de 480 V, disponível a partir do sistema de serviço auxiliar da unidade. O sistema de proteção contra surtos é realizado por um conjunto de pára-raios de óxido de zinco (ZnO), em paralelo com capacitores. A finalidade do arranjo é proteger o isolamento do gerador, devido aos surtos de sobretensões de ondas viajantes, fase-fase ou fase-terra, oriundas de chaveamentos e contingências locais ou remotas dos sistemas conectados ao gerador.

O gerador tem um sistema fixo de proteção contra incêndio, por meio de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), centralizado, de alta pressão e de funcionamento automático. O sistema de proteção contra incêndio inclui todos os equipamentos, detetores, válvulas, tubulações, atuadores e sensores, necessários à sua operação, controle e supervisão.

O sistema de aterramento do neutro do gerador é do tipo alta impedância, via transformador de distribuição com resistência no secundário. Os equipamentos, transformador de distribuição, conexões, terminais e outros dispositivos do sistema de aterramento devem estar dentro de um cubículo próprio.

O peso total de um gerador completo é de cerca de 15.500 kN e o peso de um rotor do gerador é de aproximadamente 8.600 kN, ao passo que o peso da viga de içamento do rotor se aproxima de 1.000 kN.

### 3.2.6.3.3 Barramentos blindados de fases isoladas

Os terminais de linha dos geradores são diretamente conectados aos terminais de baixa tensão dos transformadores-elevadores, por meio de barramentos blindados de fases isoladas. Os barramentos são do tipo contínuo, com resfriamento natural, e têm derivações para conexão aos cubículos de transformadores de potencial e proteção contra surtos, além dos transformadores monofásicos de excitação. Os barramentos das unidades 1 e 2 ainda têm derivações para conexão de reatores limitadores de corrente, de onde são alimentados os transformadores principais de serviços auxiliares elétricos da usina.

### 3.2.6.3.4 Transformadores-elevadores

Os transformadores-elevadores são trifásicos, imersos em óleo isolante, ligação Ynd1, resfriamento tipo OFWF,  $f_n = 60$  Hz, com enrolamento de baixa tensão em 16 kV e de alta tensão em 525 kV. O enrolamento de alta tensão é equipado com comutador de derivações sem tensão  $\pm 2 \times 2,4\%$ , que resulta em tensões de 500 kV, 512,5 kV,  $U_n = 525$  kV, 537,5 kV e 550 kV.

Os transformadores têm 418,5 MVA de potência nominal e são diretamente ligados aos terminais dos geradores pelo lado de baixa tensão e a uma subestação blindada e isolada em gás SF<sub>6</sub> (SIG) de 550 kV, através de buchas óleo - SF<sub>6</sub> pelo lado de alta tensão.

### 3.2.6.4 Equipamentos de levantamento

A movimentação de cargas na parte interna da casa de força pode ser feita das seguintes formas:

- ♦ Um pórtico rolante de descarga, com capacidade 1.600 kN/200 kN, o qual atende à área de descarga na elevação 402 m e também a toda a extensão da área de montagem na elevação 381,40 m.
- ♦ Duas pontes rolantes principais, com capacidade nominal 5.000 kN/500 kN, as quais atendem a toda a extensão da área de montagem e dos blocos de geração da casa de força.
- ♦ Pontes rolantes auxiliares, equipadas com talhas elétricas de diferentes capaci-

**Os geradores síncronos, trifásicos, de 60 Hz, têm potência nominal de 418,5 MVA,  $\cos\phi = 0,95$ , tensão nominal 16 kV, e rotação nominal de 120 rpm.**



dades, para atender a extensão da galeria mecânica, a subestação SF<sub>6</sub>, a sala do hidrogerador de emergência e a descarga de equipamentos para as várias galerias, a partir da plataforma externa na elevação 402 m, na face montante da estrutura da casa de força.

O pórtico rolante de descarga realiza a descarga de peças e equipamentos e a sua transferência para a área de montagem atende às operações de movimentação de peças, estocagem e de apoio às pré-montagens, eventualmente realizadas, tanto no pátio de descarga quanto na área de montagem.

As duas pontes rolantes principais são iguais e podem trabalhar em conjunto ou isoladas. Os mecanismos de elevação principal e auxiliar, assim como as talhas elétricas, tipo monovia, são montados em posições invertidas, para um melhor aproveitamento das aproximações mínimas dos ganchos, em relação às paredes de montante e de jusante e às paredes laterais da casa de força. Todas as pontes rolantes estão equipadas com talha elétrica tipo monovia com capacidade 50 kN.

#### 3.2.6.4.1 Pórtico rolante de descarga

##### ♦ Classificação do equipamento (Norma NBR 8400 da ABNT)

Estrutura .....	grupo 2
Mecanismo de elevação principal .....	grupo 1Am
Classe de funcionamento .....	V1
Mecanismos de elevação auxiliar, direção do carro e translação do pórtico .....	grupo 1Am
Classe de funcionamento .....	V2

##### ♦ Elevação principal

Capacidade nominal do gancho .....	1.500 kN
Nível superior do gancho .....	412,5 m
Nível inferior do gancho .....	382 m
Curso do gancho .....	30,5 m
Velocidade com carga nominal	
Máxima .....	5 m/min
Mínima .....	0,5 m/min
Número mínimo de estágios de velocidade .....	4

##### ♦ Elevação auxiliar

Capacidade nominal do gancho .....	200 kN
Nível superior do gancho .....	412,5 m

Nível inferior do gancho .....	382 m
Curso do gancho .....	30,5 m
Velocidade com carga nominal	
Máxima .....	5 m/min
Mínima .....	0,5 m/min
Número mínimo de estágios de velocidade .....	3

♦ Talha elétrica do tipo monovia

Capacidade nominal do gancho .....	50 kN
Nível superior do gancho .....	410 m
Nível inferior do gancho .....	382 m
Curso do gancho .....	28 m
Velocidade de elevação com carga nominal .....	15 m/min
Velocidade de translação do trole .....	15 m/min

♦ **Velocidade de direção com carga nominal**

Máxima .....	5 m/min
Mínima .....	0,5 m/min
Número mínimo de estágios de velocidade .....	3

♦ Velocidade de translação

Máxima .....	15 m/min
Mínima .....	1,5 m/min
Número mínimo de estágios de velocidade .....	3

♦ Caminho de rolamento

Vão .....	24 m
Nível das vigas .....	402,1 m
Comprimento .....	70 m

**3.2.6.4.2 Pontes rolantes principais**

♦ Classificação do equipamento (Norma NBR 8400 da ABNT)

Estrutura .....	grupo 2
Mecanismo de elevação principal .....	grupo 1Bm
Classe de funcionamento .....	V0,5
Mecanismos de elevação auxiliar, direção do carro e translação da ponte .....	grupo 1Am
Classe de funcionamento .....	V2

♦ Elevação principal

Capacidade nominal do gancho .....	5.000 kN
Nível superior do gancho .....	393,50 m
Nível inferior do gancho .....	367,50 m
Velocidade com carga nominal	
Máxima .....	0,8 m/min
Mínima .....	0,08 m/min
Número mínimo de estágios de velocidade .....	4

♦ Elevação auxiliar

Capacidade nominal .....	500 kN
Nível superior do gancho .....	395,5 m
Nível inferior do gancho .....	357,5 m
Curso do gancho .....	37,9 m
Velocidade com carga nominal	
Máxima .....	5 m/min
Mínima .....	0,5 m/min
Número mínimo de estágios de velocidade .....	5

♦ Talha elétrica tipo monovia

Capacidade nominal .....	50 kN
Nível superior do gancho .....	392,6 m
Nível inferior do gancho .....	342,6 m
Curso do gancho .....	50 m
Velocidade de elevação com carga nominal .....	15 m/min
Velocidade de translação do trole .....	15 m/min

♦ Velocidade de direção com carga nominal

Máxima .....	10 m/min
Mínima .....	0,5 m/min
Número mínimo de estágios de velocidade .....	3

♦ Velocidade de translação

Máxima com carga .....	10 m/min
Máxima sem carga .....	20 m/min
Mínima .....	0,5 m/min
Número mínimo de estágios de velocidade .....	3

♦ Caminho de rolamento

Vão .....	21 m
-----------	------

Nível das vigas .....	395 m
Comprimento .....	130,1 m

**A Usina possui um jogo de comportas-ensecadeira para o fechamento das duas passagens hidráulicas existentes na saída do tubo de sucção de cada uma das três unidades geradoras.**

### 3.2.6.5 Equipamentos hidromecânicos do tubo de sucção

#### 3.2.6.5.1 Comportas-ensecadeira

A Usina possui um jogo de comportas-ensecadeira para o fechamento das duas passagens hidráulicas existentes na saída do tubo de sucção de cada unidade geradora. Cada jogo é constituído por duas comportas, formadas por dois painéis interligados entre si por junta aparafusada. Cada conjunto de dois painéis deve permanecer interligado e ser estocado e manobrado como se fosse uma única peça.

As comportas são manobradas pelo pórtico rolante do tubo de sucção, dentro das ranhuras, com o auxílio de viga-pescadora, acoplada diretamente ao gancho do pórtico. O equilíbrio de pressões entre os lados de montante e jusante é obtido por intermédio da operação de duas válvulas *by-pass* existentes em cada um dos painéis superiores. Tais válvulas são operadas pelo próprio peso da viga-pescadora.

Características técnicas principais:

Tipo .....	deslizante
Quantidade de jogos .....	3
Quantidade de comportas-ensecadeira por jogo .....	2
Quantidade de painéis por comporta-ensecadeira .....	2
Quantidade de tubos de sucção .....	3
Quantidade de vãos por tubos de sucção .....	2
Quantidade de jogos de peças fixas .....	3
Quantidade de conjuntos de peças fixas por jogo .....	2
Quantidade de viga-pescadora .....	1
Vão livre .....	9,45 m
Altura livre .....	7,14 m
Elevação da soleira .....	352,532 m
Nível máximo normal de jusante .....	373,8 m
Nível máximo maximorum (QMP) .....	398 m
Elevação da plataforma de operação das comportas-ensecadeira do tubo de sucção .....	402 m

#### 3.2.6.5.2 Pórtico rolante

O pórtico rolante do tubo de sucção se desloca em toda a extensão da plataforma de jusante da casa de força, na elevação 402 m. É do tipo guincho fixo, para serviço externo, e dispõe de um único mecanismo de elevação que se conecta diretamente à viga-pescadora das comportas através de seu gancho.

♦ Classificação do equipamento (Norma NBR 8400 da ABNT)	
Estrutura .....	grupo 2
Mecanismos de elevação e de translação do pórtico .....	Grupo 1Am
Classe de funcionamento .....	V2
♦ Elevação	
Capacidade nominal do gancho .....	650 kN
Nível superior do gancho .....	410 m
Nível inferior do gancho .....	354 m
Curso do gancho .....	56,5 m
Velocidades operacionais com carga nominal	
Máxima .....	3 m/min
Mínima .....	0,3 m/min
Número mínimo de estágios de velocidade .....	4
♦ Velocidades de translação	
Máxima .....	15 m/min
Mínima .....	1,5 m/min
Número mínimo de estágios de velocidade .....	3
♦ Caminho de rolamento	
Vão entre as linhas de centro dos trilhos .....	4,3 m
Extensão do caminho de rolamento .....	95,62 m
Elevação da plataforma do tubo de sucção .....	402 m

### 3.2.6.6 Sistemas mecânicos auxiliares

#### 3.2.6.6.1 Sistema de drenagem

O sistema de drenagem tem por função coletar e conduzir para o canal de fuga as águas provenientes de infiltrações, lavagem de piso e água de resfriamento dos condicionadores de ar e compressores. Esse sistema é constituído basicamente por canaletas, tubulações, um poço de drenagem, três bombas de drenagens, instrumentos e controles. Os drenos localizados na central de óleo lubrificante e oficina são dotados de caixas separadoras de óleo e água. Já os da sala de tratamento de água e da sala de baterias têm caixas de diluição. O poço de drenagem está localizado no lado esquerdo da estrutura da casa de força, sob a central de esgotamento e drenagem localizada na elevação 362 m. Sobre a laje do poço estão instalados três conjuntos motobomba, do tipo turbina, de eixo vertical, com recalque para o canal de fuga, na elevação 398,70 m. Cada bomba de drenagem está dimensionada para atender a 100% da vazão afluyente.

### 3.2.6.6.2 Sistema de drenagem das bacias dos transformadores

O sistema tem por finalidade drenar e separar a mistura de água e óleo derramada dos transformadores-elevadores e de serviço auxiliar, no caso de ocorrência de um sinistro nesses equipamentos. É constituído basicamente de bacias de contenção, construídas sob os transformadores, tanque separador de água-óleo e coletor de aço carbono, que liga as bacias de contenção e o tanque separador água-óleo.

A mistura água-óleo é encaminhada por gravidade para o tanque separador água-óleo, localizado na extremidade direita da estrutura da casa de força. Com a separação da mistura, a água é lançada no canal de fuga e o óleo separado da água é armazenado em tanque na câmara de óleo contígua ao tanque. O óleo separado é recolhido por meio de bomba móvel.

### 3.2.6.6.3 Sistema de esgotamento e enchimento das unidades

O sistema tem por finalidade o enchimento inicial, o esgotamento parcial ou total e o posterior reenchimento de parte do túnel forçado, da caixa espiral e do tubo de sucção de cada unidade geradora. É constituído basicamente por um coletor de interligação entre o túnel forçado e o tubo de sucção, um coletor de esgotamento total e um coletor de esgotamento parcial, sala de válvulas, três bombas de esgotamento, poço de esgotamento e coletor de descarga das bombas para o canal de fuga. Foi previsto para esgotar uma unidade por vez e pode executar o esgotamento parcial ou total da unidade geradora. As válvulas estão instaladas na galeria de drenagem e esgotamento na elevação 346,90 m. O acionamento das válvulas se dá através de sistema óleo-hidráulico, cuja central se encontra no próprio local. As bombas de esgotamento são do tipo turbina de eixo vertical, capacidade nominal de 600 m<sup>3</sup>/h, de modo a esgotar uma unidade geradora em aproximadamente quatro horas.

O poço de esgotamento está localizado sob a central de esgotamento e drenagem, no lado esquerdo da estrutura da casa de força, abaixo do piso de instalação das bombas na elevação 362 m. O enchimento da unidade é feito até o Nível de Água (NA) de jusante pela abertura das válvulas *by pass* da comporta-ensecadeira do tubo de sucção. Acima dessa elevação, é feito pela comporta de emergência da tomada d'água.

### 3.2.6.6.4 Sistema de água de resfriamento

O sistema de água de resfriamento tem por finalidade prover água, com grau de filtragem adequado, para o resfriamento, e água de uso geral, para os diversos equipamentos e sistemas auxiliares da casa de força. É constituído basicamente por três tomadas d'água nos túneis forçados, três filtros, tubulações e válvulas de distribuição.

O sistema atende aos seguintes equipamentos e sistemas auxiliares:

- ♦ Resfriadores de ar dos geradores.
- ♦ Resfriadores de óleo dos mancais das unidades geradoras.

- ♦ Resfriadores de óleo dos reguladores das turbinas.
- ♦ Caixas de vedação dos eixos das turbinas.
- ♦ Labirintos do rotor da turbina, na operação como compensador síncrono.
- ♦ Resfriadores dos compressores de ar.
- ♦ Resfriadores dos transformadores-elevadores.
- ♦ Sistema de água tratada.
- ♦ Sistema de água de serviço.
- ♦ Resfriadores de água dos condicionadores do sistema de ar-condicionado.
- ♦ Sistemas de proteção contra incêndio (hidrantes e água nebulizada).

O sistema opera totalmente por gravidade e está dimensionado de forma que dois filtros atendam a toda a demanda de água de resfriamento da usina. Na conexão dos filtros aos túneis forçados há grades para retenção de detritos de maior porte. Os filtros são do tipo cesta, de limpeza automática por contrapressão, instalados junto à parede de montante da galeria mecânica, na elevação 374,90 m. A água de resfriamento de cada unidade geradora tem sua descarga feita diretamente para jusante e a água dos demais equipamentos, instalados abaixo da elevação 402 m, é conduzida para o sistema de drenagem da Usina.

#### **3.2.6.6.5 Sistemas de proteção contra incêndio**

Os sistemas de proteção contra incêndio têm finalidades específicas ou complementares, de acordo com as necessidades e classe de risco a cobrir, conforme exposto a seguir.

##### **a. Sistema fixo automático de CO<sub>2</sub> para proteção dos geradores**

O sistema do tipo de inundação total, de alta pressão, é composto por duas baterias de CO<sub>2</sub> (principal e reserva), coletores, rede de distribuição de CO<sub>2</sub>, rede de detecção, sinalização e alarme local interligado ao sistema digital da sala de controle. As baterias de CO<sub>2</sub>, compostas por grupos de descarga rápida e descarga lenta, estão junto à parede de jusante da casa de força, na elevação 375,90 m.

##### **b. Sistema fixo automático de CO<sub>2</sub> para proteção da central de óleo lubrificante**

O sistema do tipo de inundação total e de alta pressão é composto basicamente por duas baterias de CO<sub>2</sub>, coletores, rede de distribuição, rede de detecção, porta corta-fogo, sinalização e alarme local interligado ao sistema digital da sala de controle da Usina. As baterias, principal e de reserva, estão instaladas na área externa da central de óleo lubrificante, na elevação 372,90 m. A descarga de CO<sub>2</sub> é comandada por sistema de detecção e alarme da central com detetores de fumaça que atuam sobre a porta corta-fogo, damper de ventilação e cabeças de comando dos cilindros de CO<sub>2</sub>.

**Os sistemas de proteção contra incêndio têm finalidades de acordo com as necessidades e a classe de risco a cobrir.**

#### **c. Sistema fixo de água nebulizada**

O sistema de água nebulizada tem por finalidade proteger os três transformadores-elevadores e os dois transformadores auxiliares da Usina instalados no pátio dos transformadores na elevação 402 m. É constituído basicamente por duas tomadas de captação do sistema de água de resfriamento, coletor de distribuição geral, ramais de alimentação, anéis de distribuição de água nebulizada, rede de detecção pneumática, válvula dilúvio e quadro local de controle interligado ao sistema digital no edifício de controle, para sinalização. O sistema é de atuação automática ou manual, no local dos transformadores. As duas tomadas de captação provêm, cada uma, de uma extremidade da casa de força, com a finalidade de garantir o abastecimento ininterrupto, e formam um anel de alimentação. A proteção dos transformadores é complementada por paredes corta-fogo de concreto e bacias de contenção localizadas sob os transformadores.

#### **d. Sistema de hidrantes**

Protege áreas externas da casa de força e o edifício de controle. É constituído por uma tomada de captação no coletor de água nebulizada, tubulação, hidrantes externos de coluna e internos de parede, sistema de detecção e alarme interligado ao sistema digital na sala de controle. Os hidrantes internos são dotados de dois lances de mangueira de 1 1/2" de diâmetro com 15 m de extensão cada, e os externos, do tipo coluna, dotados de dois lances de mangueira de 2 1/2" de diâmetro com 30 m de extensão.

#### **e. Sistema de extintores**

O sistema de extintores de incêndio tem por finalidade proteger o interior da casa de força e do edifício de controle. É constituído basicamente de extintores móveis, de gás carbônico e de pó químico seco. Os extintores de CO<sub>2</sub> são utilizados para proteger os equipamentos elétricos e os de pó químico para proteger os locais e/ou equipamentos que contenham inflamáveis. Os extintores móveis, tipo carreta, têm a finalidade de atender o almoxarifado, a galeria elétrica e os equipamentos de purificação e transferência de óleo, quando em operação.

#### **3.2.6.6 Sistema de água tratada**

O sistema de água tratada tem por finalidade o tratamento e fornecimento de água com o grau de potabilidade exigido pelos órgãos de saúde, nos diversos pontos da casa de força, área de montagem e edifício de controle. É constituído por uma estação de tratamento compacta, com capacidade de 3 m<sup>3</sup>/h, instalada na elevação 372,90 m, na margem esquerda da casa de força. A água captada do coletor de água de resfriamento é tratada e conduzida para reservatório elevado, localizado sobre a casa de máquinas do elevador, de onde é distribuída, por gravidade, para os diversos pontos de consumo da casa de força e do edifício de controle.



### 3.2.6.6.7 Sistema de esgoto sanitário

O sistema de esgoto sanitário tem por finalidade coletar efluentes e águas servidas, oriundas dos sanitários, da sala de baterias e da central de tratamento de água da casa de força e do edifício de controle, tratando-os e encaminhando-os para o canal de fuga. O sistema é composto basicamente por ramais coletores de esgoto, tubos de queda, subcoletor, poço de coleta e bombeamento, conjunto motobomba, fossa séptica, caixa de desinfecção, bomba dosadora e tubo de descarga.

Os efluentes e águas servidas coletados no edifício de controle são encaminhados por gravidade à fossa séptica e os efluentes e águas servidas coletados da casa de força são conduzidos para a central de coleta e bombeamento de esgoto, situada na elevação 362 m, de onde são bombeados para a fossa séptica, localizada na central de tratamento de esgoto na elevação 402 m. Da fossa séptica, os efluentes são encaminhados por gravidade para uma caixa de desinfecção, onde recebem a adição de hipoclorito de sódio, através de bombas dosadoras, e seguem por gravidade para o canal de fuga.

### 3.2.6.6.8 Sistema de ar comprimido de serviço

O sistema de ar comprimido de serviço tem por finalidade produzir, armazenar e distribuir ar sob pressão para atuadores, ferramentas e uso geral nos diversos pontos da Usina. É constituído basicamente de dois compressores de ar, do tipo rotativo de parafuso, e dois reservatórios, localizados na central de ar comprimido, na extremidade esquerda da estrutura da casa de força, na elevação 372,9 m, e rede de distribuição. O sistema opera com pressão de 0,69 MPa man, e atende basicamente aos seguintes pisos e equipamentos:

- ♦ Edifício de controle (salas dos condicionadores).
- ♦ Central de tratamento de esgoto.
- ♦ Pátio dos transformadores.
- ♦ Tomadas de ar de ventilação.
- ♦ Centrais de ventilação.
- ♦ Galeria da subestação SF<sub>6</sub>.
- ♦ Galeria elétrica.
- ♦ Sala de manutenção de baterias.
- ♦ Central de tratamento de água.
- ♦ Galeria mecânica.
- ♦ Central de óleo lubrificante.
- ♦ Poço do gerador.
- ♦ Poço da turbina.
- ♦ Sistema de frenagem dos geradores.
- ♦ Galeria de acesso ao tubo de sucção.
- ♦ Central de esgotamento e drenagem.

- ♦ Central de coleta e bombeamento de esgoto.
- ♦ Sistema de água nebulizada.

Para atendimento à tomada d'água foi previsto um outro compressor de ar comprimido, para desobstrução dos tubos de medições hidráulicas e eventuais limpezas.

#### **3.2.6.6.9 Sistema de ar comprimido de rebaixamento**

O sistema tem por finalidade rebaixar o nível d'água do tubo de sucção de cada unidade geradora, por meio de injeção de ar comprimido, de modo a permitir, quando necessário, a operação dos geradores como compensadores síncronos. Esse sistema é composto basicamente por três compressores de rebaixamento do tipo rotativo de parafuso, 15 reservatórios de ar, três compressores de ar de reposição, do tipo rotativo de palhetas, e linha de distribuição de ar para as unidades.

Os compressores de rebaixamento operam com pressão nominal de 1,03 MPa man e estão localizados na central de ar comprimido, na elevação 362 m. Os reservatórios de ar de rebaixamento estão localizados em uma sala na extremidade esquerda do piso correspondente à galeria mecânica, na elevação 362 m.

Os compressores de ar de reposição estão localizados junto à parede de montante da galeria mecânica, na elevação 362 m, e são do tipo rotativo de palhetas, cada um com capacidade de reposição para manter uma unidade em operação como compensador síncrono. Para cada unidade geradora foi prevista uma tubulação de desaeração com descarga no canal de fuga.

#### **3.2.6.6.10 Sistema de ventilação**

O sistema de ventilação da casa de força é do tipo diluidor e tem por objetivo assegurar, nos ambientes atendidos, através de renovação e filtragem de ar, os níveis de temperatura e salubridade adequados às condições e necessidades de cada área. É constituído, basicamente, por três centrais de ventilação, tomadas de ar externo, três centrais de exaustão, galeria de ventilação, pleno de ventilação e rede de dutos de distribuição.

As centrais de ventilação 1 e 2 atendem às galerias de montante dos blocos das unidades geradoras da casa de força, através da galeria de ventilação. A central de ventilação 3 atende às áreas do bloco da área de montagem, piso dos geradores (juvante) e galeria de acesso ao tubo de sucção.

A central de exaustão 1, localizada na elevação 369,60 m, contém os exaustores do tubo de sucção, poço da turbina e poço do gerador. A central de exaustão 2, localizada na elevação 395,50 m, contém os exaustores que atendem à sala de baterias, sanitários, central de tratamento de água, central de óleo lubrificante e central de coleta e bombeamento de esgoto. A central de exaustão 3, localizada na extremidade direita da estrutura da casa de força, na elevação 404,30 m, contém os exaustores para coleta do gás da subestação SF<sub>6</sub>. Todo o ar insuflado na casa de força que não é

captado por exaustão específica escapa naturalmente pelas venezianas instaladas junto à cobertura da casa de força.

#### **3.2.6.6.11 Sistema de ar-condicionado**

O sistema de ar-condicionado tem por objetivo propiciar, no edifício de controle e nas salas de controle local – localizadas na galeria elétrica, na elevação 382,9 m –, níveis de temperatura e umidade adequados às necessidades de equipamentos e pessoas. É composto por condicionadores do tipo *self-contained*, com condensação à água, sistema de aquecimento com resistores, sistema de umidificação, onde aplicável; redes de dutos, grelhas, difusores e controles. Os equipamentos estão distribuídos pelas centrais de ar-condicionado do edifício de controle da seguinte forma:

- ♦ Pavimento térreo, na elevação 402,75 m – um condicionador.
- ♦ Primeiro pavimento, na elevação 407,65 m – um condicionador para a área comum e outro para a sala de controle.
- ♦ Segundo pavimento, na elevação 411 m – um condicionador.

Na casa de força, cada sala de controle local é dotada de uma unidade condicionadora instalada sobre a cobertura da sala.

#### **3.2.6.6.12 Sistema de óleo lubrificante**

O sistema de óleo lubrificante tem por finalidade transferir, armazenar e purificar o óleo lubrificante dos equipamentos da casa de força. O sistema foi previsto para desempenhar as seguintes operações:

- ♦ Recepção do óleo proveniente dos tambores ou do carro-tanque.
- ♦ Transferência de óleo do tanque de óleo limpo para os mancais das unidades geradoras e para os tanques dos reguladores.
- ♦ Armazenamento de óleo, para posterior tratamento.
- ♦ Circulação de óleo dos mancais ou dos tanques dos reguladores, através de purificador.
- ♦ Transferência de óleo de uma unidade geradora ou de um dos tanques do sistema auxiliar de regulação para o tanque de óleo usado ou para os tambores.
- ♦ Transferência de óleo usado para o tanque de óleo limpo, através do purificador.

O sistema é constituído por uma central de óleo lubrificante localizada na extremidade esquerda do piso correspondente à galeria mecânica, na elevação 372,90 m, e contém os seguintes equipamentos: dois tanques de armazenamento fixos, dois tanques móveis, duas bombas móveis de transferência, um filtro-prensa móvel e um purificador móvel de óleo. Além dos equipamentos, o sistema dispõe de um conjunto

de tubulações, para movimentação do óleo entre as unidades geradoras e a central de óleo lubrificante. Cada tanque fixo tem capacidade igual a, no mínimo, uma carga do mancal de maior volume da unidade geradora. Cada tanque móvel tem capacidade igual à metade de um tanque fixo.

O coletor, constituído por uma tubulação de fibra de vidro, flangeada, corre exposto ao longo da parede de montante da galeria mecânica. Todas as interligações entre os tanques, o purificador, o filtro-prensa, as bombas e o coletor, são feitas através de mangueiras flexíveis.

#### **3.2.6.6.13 Sistema de óleo isolante**

O sistema tem por finalidade armazenar o óleo isolante contido em um transformador-elevador, por ocasião de sua manutenção. É constituído basicamente de quatro tanques transportáveis sobre caminhão, com capacidade de armazenamento de 16 m<sup>3</sup> cada, dotados de bacia de contenção e coletor de interligação ao sistema de drenagem das bacias dos transformadores.

#### **3.2.6.6.14 Sistema de medições hidráulicas**

O sistema de medições hidráulicas tem por finalidade a medição de níveis de água do reservatório e do canal de fuga, o monitoramento da perda de carga nas grades da tomada d'água, a supervisão do equilíbrio de pressões entre os lados de montante e jusante da comporta de emergência da tomada d'água, a supervisão da vazão turbinada, a supervisão dos níveis de água no tubo de sucção durante a operação como compensador síncrono, além de prover as ligações necessárias para a medição de parâmetros hidráulicos utilizados durante o comissionamento e os testes especiais da unidade geradora. É constituído, basicamente, de medidores de nível e de pressão do tipo sensores de nível, tomadas de pressão e tubulações embutidas na estrutura de tomada d'água, no concreto envoltório da caixa espiral, na tampa da turbina e no tubo de sucção, além de acessórios diversos.

### **3.2.6.7 Sistemas elétricos auxiliares**

#### **3.2.6.7.1 Sistema de distribuição de corrente alternada de média tensão**

O sistema de corrente alternada de média tensão foi previsto para efetuar a distribuição primária de energia para os serviços auxiliares da Usina. O suprimento a esse sistema é feito a partir dos grupos geradores 1 e 2, através de dois subsistemas referidos pelas respectivas tensões nominais como segue:

- ♦ Subsistema de 16 kV, com configuração radial constituído de reator limitador de corrente, disjuntor e transformador de força provido com regulador de tensão automático para comutador de derivações sob carga. Esse equipamen-

to distribui energia elétrica trifásica, em 13,8 kV, 60 Hz, para alimentação do conjunto de manobra de 13,8 kV.

- ♦ Subsistema de 13,8 kV, com configuração radial a partir de um conjunto de manobras, constituído por barras interligáveis por disjuntor de acoplamento. A cada barra é ligada uma fonte de suprimento com capacidade para atender a demanda máxima de serviços auxiliares da Usina. Sob condições normais de operação, o disjuntor de acoplamento está aberto, e cada barra e a respectiva fonte operam como um sistema independente. Em caso de falta de tensão em uma das barras, seu disjuntor de entrada abre automaticamente, enquanto o disjuntor de acoplamento à barra adjacente é fechado.

#### **3.2.6.7.2 Sistema de distribuição de corrente alternada de baixa tensão**

O sistema de distribuição de corrente alternada de baixa tensão é alimentado pelo conjunto de manobra de 13,8 kV e atende à demanda dos serviços auxiliares da casa de força, do edifício de controle, da tomada d'água e do vertedouro. A distribuição de energia nesse sistema é feita com circuitos trifásicos na tensão de 480 V, a partir de subestações unitárias e centros de controle de motores, e com circuitos monofásicos na tensão de 220 V, a partir de quadros de força auxiliar.

#### **3.2.6.7.3 Sistema de distribuição de corrente contínua**

O sistema de distribuição de corrente contínua opera com tensão nominal de 125 V em uma configuração radial, com duas fontes redundantes constituídas por dois conjuntos de bateria, carregador e quadro principal de distribuição.

O quadro principal tem barramento simples, ao qual é ligado um conjunto formado por bateria e carregador. Em cada conjunto, a bateria opera em flutuação com o respectivo carregador. Sob condições normais de operação, cada quadro principal, com o conjunto de bateria e carregador correspondente, opera como um sistema independente e atende à parte das cargas da Usina através dos quadros de distribuição. Esses quadros são supridos com dois alimentadores, cada um proveniente de um quadro principal. A seleção de fonte se dá automaticamente, por meio de diodos de comutação instalados na entrada dos quadros. Os circuitos de distribuição desses quadros são protegidos por disjuntores bipolares e fazem a distribuição de energia elétrica em 125 V para iluminação de emergência e equipamentos de proteção e controle da Usina.

Para alimentação dos serviços de telecomunicações da usina, cuja tensão nominal de operação é 48 Vcc, foi previsto um circuito para alimentação de retificadores AC(480)/DC(48). Esses retificadores são montados em bastidores instalados na sala de comunicações e têm isolamento galvânica entre a entrada e a saída. A tensão de saída é 48 V, com positivo aterrado. Essa opção substitui o sistema de 48 Vcc (constituído por dois conjuntos bateria/carregador) tradicionalmente dedicado aos sistemas de comunicações de usinas hidrelétricas.

### 3.2.6.8 Sistema de geração de emergência

O sistema de geração de emergência é constituído essencialmente de um grupo gerador em 440 V, com neutro ligado à terra mediante resistor de aterramento, disjuntor na tensão de geração, transformador-elevador, 1.000 kVA, 440 V - 13,8 kV, e seccionador tripolar no lado de 13,8 kV do transformador-elevador. Esse lado de 13,8 kV, através de cabos isolados, é ligado à barra 1 do conjunto de manobra de 13,8 kV.

O gerador de emergência é acionado por uma turbina hidráulica tipo Francis de eixo horizontal, com potência nominal de 880 kW, apropriada para acoplamento direto ao gerador de corrente alternada trifásica de 60 Hz, capacidade nominal de 1.000 kVA e fator de potência de 0,80. Está instalado a jusante da estrutura da casa de força, na parte lateral do edifício de controle, contíguo ao canal de fuga, lado da margem esquerda, na elevação 394,60 m.

A turbina é alimentada por uma tubulação forçada de 800 mm de diâmetro nominal, com linha de centro na elevação 398,50 m e resultante da junção de três outras tubulações de 600 mm de diâmetro nominal, derivadas de tomadas d'água localizadas na entrada das caixas espirais das três turbinas principais. Pouco antes da junção entre as tubulações, feita na galeria de acesso ao tubo de sucção, na elevação 362,05 m, são instaladas válvulas do tipo borboleta, acionadas hidráulicamente a partir da mesma central óleo-hidráulica que atende às válvulas do sistema de esgotamento do tubo de sucção das unidades geradoras principais, localizada na sala de válvulas na elevação 349,10 m. Na entrada da caixa espiral está instalada uma válvula borboleta acionada por servomotor hidráulico e com possibilidade de fechamento automático, por ação de contrapeso, para isolamento da tubulação forçada e, se necessário, fechamento em emergência. Foi previsto também um conjunto de tubulações e válvulas, para permitir o esgotamento da tubulação forçada e da caixa espiral diretamente para a câmara de descarga a jusante, e também para prover o suprimento de água de resfriamento aos mancais. A restituição da turbina é feita em uma câmara, com canal de descarga lateral, na extremidade da qual existe um vertedouro de soleira livre, cujo objetivo é garantir um nível de água a jusante aproximadamente constante. A turbina foi dimensionada para a queda líquida mínima disponível em sua elevação de instalação para operar na faixa de quedas brutas variáveis entre o máximo de 81,50 m e o mínimo de 66,50 m.

### 3.2.6.9 Sistemas de proteção

Os blocos unitários de geração (geradores, barramentos blindados de fases isoladas e transformadores elevadores), a subestação blindada e isolada em SF<sub>6</sub>, as linhas de transmissão, os sistemas de serviços auxiliares elétricos de CA e de CC e seus equipamentos, turbinas e componentes dos sistemas de serviços auxiliares mecânicos são providos de sistemas de proteção adequadamente projetados e adaptados às peculiaridades de cada sistema ou equipamento a ser protegido. Para tanto, são utilizados sistemas de relés estáticos e digitais, sistemas de detecção de temperatura, vazão e pressão, entre outros.

**O gerador de emergência é acionado por uma turbina hidráulica tipo Francis de eixo horizontal, com potência nominal de 880 kW.**

### 3.2.6.10 Sistema de controle e supervisão digital

A Usina é provida de um sistema de controle e supervisão digital (SCSD) para operação, supervisão e controle das unidades geradoras, com a incorporação também das funções de gerenciamento e otimização dos recursos hídricos e energéticos do processo da geração hidrelétrica. A configuração do sistema de controle e supervisão digital da Usina é constituída em dois níveis básicos de controle: o de controle de grupo e o de controle central.

No nível de controle de grupo, o controle é feito por unidades remotas lógicas e programáveis. As remotas são dedicadas aos diferentes grupos funcionais da Usina, tais como unidade geradora (gerador/turbina/transformador-elevador), tomada d'água, vertedouro, reservatório, serviço auxiliar e subestação. A operação, o controle e a aquisição de dados de cada grupo funcional são feitos localmente pelas unidades remotas. As operações locais de partida, de parada, de sincronização, de conversão gerador-compensador e de testes do grupo funcional das unidades geradoras são realizadas em espaços denominados sala de controle local (SCL), próximas às unidades geradoras, via interfaces de comunicação homem-máquina, baseada em microcomputadores.

No nível de controle central, o controle é feito por um sistema computacional em tempo real e multiprocessável, baseado em uma rede de estações de trabalho de alto desempenho e microcomputadores conectados por meio de redes locais. A operação, a supervisão e o controle centralizados da Usina são realizados na sala de controle central (SCC).

A arquitetura do sistema de controle e supervisão digital é modular, baseada num sistema computacional distribuído e hierarquizado, com as várias unidades de processamento interligadas por redes locais. A arquitetura do sistema digital foi idealizada de modo a incorporar as seguintes características: redundância (*fail safe*), portabilidade, intercambialidade, expansibilidade e interconectividade. A concepção da interconectividade do sistema de controle digital está em conformidade com o modelo OSI (Open System Interconnection).

### 3.2.6.11 Sistema de comunicações

Para a administração da Usina, está disponível uma central telefônica CPA com capacidade mínima de seis troncos e 100 ramais. Os troncos dessa central são interligados à unidade da Brasil Telecom existente na cidade de Piratuba, em Santa Catarina, através de enlace UHF, com operação na faixa de 400 MHz. Os ramais dessa central atendem internamente à Usina nas áreas operacionais e de escritórios e externamente em locais como portarias, vertedouro e outros.

A operação da Usina é interligada ao Sistema de Microondas da Eletrosul. A solução adotada foi a implantação de um sistema de rádio digital entre a Usina Machadinho e a subestação de Campos Novos, as quais são atendidas pelo Sistema de Microondas. Esse sistema trafega com taxa de transmissão mínima de 8 Mbps e é

fornecido com dois multiplexadores de 30 canais. A Eletrosul fica responsável pela ampliação do multiplexador analógico existente na subestação de interligação.

Nesse enlace, rádios digitais estão equipados de:

- ♦ Canais de voz com o centro de operação do sistema (COS) da Eletrosul.
- ♦ Canais de voz com a subestação interligada.
- ♦ Canais de dados para o Operador Nacional do Sistema Elétrico.
- ♦ Canais de dados para controle e supervisão da Usina pelo COS da Eletrosul.
- ♦ Canais para teleprocessamento.
- ♦ Quatro canais de teleproteção necessários à proteção da linha e dos equipamentos elétricos da Usina e das subestações.

A interligação é efetuada com a subestação de Itá por meio de equipamentos pertencentes ao sistema de ondas portadoras (equipamentos de pátio, terminais de voz, terminais de teleproteção), a fim de permitir a operação da linha de transmissão e do sistema de proteção associado. Todos os equipamentos de comunicação (central telefônica, equipamentos, rádios, teleproteção, transmissão de dados e terminais de ondas portadoras) são alimentados em 48 V<sub>cc</sub>, a partir de uma fonte e de baterias instaladas na Usina. A manutenção da Usina é realizada através do equipamento busca-pessoa do tipo BIP, interligado à central telefônica do local.

### 3.2.6.12 Sistema de aterramento

Está prevista a instalação de uma malha de terra com condutor de cobre sob a subestação, no pátio da Usina, para aterramento dos equipamentos e redução dos potenciais perigosos. Devido à presença de sistemas elétricos instalados na casa de força, cujo ponto de aterramento está no seu interior (13,8 kV, 480 V, 380 V/220 V, 48 V<sub>cc</sub>), são mantidos condutores de cobre embutidos no concreto, formando malhas de terra nas galerias da casa de força, nas elevações 372,40 m (galeria mecânica), 381,40 m (galeria elétrica) e 389 m (galeria da subestação SF<sub>6</sub>). Essas malhas são interligadas verticalmente entre as galerias e interligadas também com a malha de terra do pátio da Usina (elevação 402 m) e ao aço estrutural.

### 3.2.6.13 Sistemas de iluminação

O sistema de distribuição de energia elétrica para iluminação, tanto normal quanto de emergência, é descentralizado. Isto é: formado por um conjunto de centros de distribuição de onde partem os ramais dos circuitos de iluminação. Cada centro de distribuição é formado essencialmente por um transformador, um quadro de distribuição para iluminação normal e um quadro de distribuição para iluminação de emergência, onde aplicável. São empregados um centro de distribuição para cada



**A Usina é equipada com uma subestação blindada e isolada em gás SF<sub>6</sub> (SIG) de 550 kV.**

bloco da casa de força (QLN/QLE 1, 2 e 3), dois centros para os blocos da área de montagem (QLN/QLE 4 e 5), dois centros para o edifício de controle (QLN/QLE 6 e 7), dois centros para o pátio dos transformadores (QLN 8 e 9), um centro para a tomada d'água (QLN 10) e um centro para o vertedouro (QLN 11).

A tensão nominal dos circuitos de iluminação normal é de 220 V, tanto para as áreas internas quanto para as externas. Essa tensão é obtida do transformador (480 V – 380 V/220 V) que faz parte de cada centro de distribuição. Esses transformadores são alimentados a partir das subestações unitárias. A iluminação de vistoria em área úmida, como galeria de drenagem do maciço sobrejacente, é feita com luminárias fixas alimentadas na tensão de 32 Vca. A tensão de 32 Vca é obtida por meio de transformadores secos encapsulados em epóxi, monofásicos, 220 V/32 V, alimentados pelos centros de distribuição de iluminação normal.

A tensão nominal dos circuitos de iluminação de emergência é 125 Vcc (alimentados a partir dos quadros de serviços gerais de 125 Vcc), porém a tensão de utilização é obtida a partir de conversores CDC/CDC instalados nas luminárias do sistema. Essas luminárias são equipadas com lâmpadas fluorescentes compactas de baixo consumo.

### **3.2.7 Subestação da Usina**

A Usina é equipada com uma subestação blindada e isolada em gás SF<sub>6</sub> (SIG) de 550 kV. Foi adotada uma configuração em barra dupla, com três vãos de entradas de unidades geradoras, equipados com um disjuntor e duas chaves seletoras de barra, dois vãos (e espaço para um futuro terceiro vão) de saída de linha de transmissão equipados com um disjuntor e esquema clássico de quatro chaves e um vão de disjuntor de interligação de barras (ou *by-pass*) com respectivas chaves.

A SIG é diretamente conectada aos terminais dos enrolamentos de alta tensão dos transformadores-elevadores por meio de buchas-óleo/SF<sub>6</sub>, de um lado, e diretamente às linhas de transmissão de 500 kV por meio de buchas SF<sub>6</sub>/ar, do outro lado. Ao lado das buchas SF<sub>6</sub>/ar de entrada das linhas aéreas são instalados pára-raios convencionais de ZnO.

### **3.2.8 Instalações para descarga de vazões sanitárias a jusante**

A vazão sanitária mínima foi estabelecida para ser descarregada durante o período de enchimento do reservatório, a fim de manter vazões que permitam garantir a quantidade e a qualidade de água suficiente para atender às necessidades dos usuários e a manutenção do meio biótico a jusante, ao longo da calha do rio.

Para a barragem da UHE Machadinho, nenhuma instalação ou órgão de descarga a jusante fora previsto no Projeto Básico para ser operado durante o enchimento do reservatório, tendo em vista as condições oferecidas pelas contribuições dos rios Apuaê e do Peixe. O primeiro afluente a cerca de 6,5 km a jusante, pela margem esquerda, e

o segundo a cerca de 30 km rio abaixo, pela margem direita. Considerou-se ainda a curta duração esperada para o enchimento do reservatório – estimada em não mais que 120 dias, com 90% de confiabilidade (veja-se item 3.3.6.4, sobre o enchimento do reservatório em 34 dias), o prazo para o nível d'água atingir a soleira do vertedouro, independentemente da época de início do enchimento, exceção feita aos meses de dezembro e janeiro – e, também, da previsão de que, quando do fechamento do reservatório da UHE Machadinho, o reservatório da UHE Itá – à época em início de construção e hoje já concluída – estaria formado, com seu remanso atingindo as imediações da descarga de Machadinho.

Porém, com a necessidade de se manter uma descarga para jusante, independentemente das considerações acima, foi estabelecida a vazão sanitária mínima em Machadinho de 43 m<sup>3</sup>/s. Essa definição se deve também a restrições impostas pelos órgãos ambientais IBAMA e secretarias do meio ambiente dos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, quando do enchimento do reservatório de Itá, em condições similares àquelas esperadas para Machadinho, e foi baseada em análises dos aspectos ambientais e nos critérios utilizados para usinas do mesmo porte.

O sistema de descarga da vazão sanitária mínima foi pré-dimensionado tendo em vista, de um lado, a segurança e a confiabilidade operacional exigidas, por se tratar do processo final de fechamento do reservatório sob cargas elevadas, de até aproximadamente 90 m. Por outro lado, considerou-se a sua maior economicidade, por se tratar de instalação provisória de curto tempo de utilização (três a quatro meses no máximo, período previsto de enchimento). Desse modo, foi instalado um sistema constituído por dois conjuntos idênticos, ambos implantados no tampão do túnel T4, espaçados de seis metros.

Cada conjunto compreende uma tomada d'água provida de grades, um conduto metálico, uma válvula de segurança interposta no conduto e uma válvula de descarga/controle. A tomada é cônica com chanfros na entrada para redução das perdas de carga e maior facilidade de execução. A montante foram instaladas grades semicilíndricas, estruturadas em perfis metálicos fixados ao concreto do pré-tampão. O conduto é metálico e foi executado em chapa de aço com diâmetro interno de dois metros. Para maior facilidade e rapidez de montagem, cada conduto foi subdividido em dois trechos básicos providos de flanges de acoplamento entre si, com a válvula de segurança após o primeiro deles, embutidos na cabeça do tampão e com a válvula de controle no fim do segundo trecho – este embutido no corpo do tampão.

Após o término do enchimento do reservatório, em cada conjunto a válvula de segurança é fechada, a válvula de controle é desmontada e retirada, o conduto é fechado com um flange cego e essa extremidade do tubo é concretada juntamente com o poço de instalação da válvula de segurança que ficou perdida.

As válvulas de segurança têm a finalidade de garantir confiabilidade ao sistema

**O sistema de controle e supervisão digital (SCSD) faz a operação, supervisão e controle das unidades geradoras, com a incorporação também das funções de gerenciamento e otimização dos recursos hídricos e energéticos do processo da geração hidrelétrica.**

de descarga e de seu fechamento final. Desse modo, embora previstas para operar com pressões equilibradas, possibilitam o fechamento contra-fluxo em situação de emergência, caracterizada por defeito ou emperramento das válvulas de controle. São utilizadas válvulas tipo borboleta, com dois metros de diâmetro, de construção convencional biplana. O controle da vazão é feito através de duas válvulas difusoras. A vazão desejada de  $43 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $2 \times 21,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) fica garantida com a plena abertura das válvulas na queda líquida de dez metros.

### 3.3 Alterações na concepção das obras civis durante a implantação

Devido à grande heterogeneidade do maciço rochoso no local onde seria implantado o aproveitamento, sua implantação exigiu constantes adaptações e adequações para a otimização das obras, à medida que as escavações iam sendo executadas e revelavam as reais condições geológico-geotécnicas dos materiais escavados e das fundações das obras.

A seguir são descritas as características geológico-geotécnicas dos locais de implantação das estruturas e dos materiais de implantação da barragem, as principais alterações de projeto ocorridas no decorrer das obras, levantamentos, dimensionamentos e acompanhamentos efetuados.

#### 3.3.1 Barragem principal de enrocamento

##### 3.3.1.1 Estudos iniciais de otimização da seção típica da barragem principal

###### 3.3.1.1.1 Condições de fundação do maciço de enrocamento

Foi estudada a alternativa de manutenção parcial do manto de solo existente sobre o derrame J (acima da elevação 408 m), que atingia espessuras entre 18 m e 20 m. Com base em análises técnico-econômicas que levaram em consideração os aspectos de prazos, facilidades construtivas e custos envolvidos, decidiu-se pela remoção total do solo sob o maciço de enrocamento. Por outro lado, em conjunto com essa decisão, foi flexibilizada a limpeza de fundação (100% de exposição do topo rochoso) da seguinte forma: exposição de 100% do topo rochoso apenas no terço de montante da barragem, exposição de 30% do topo rochoso no trecho central, convivendo-se com bolsões de saprólito, e exposição de 50% do topo rochoso no terço de jusante.

###### 3.3.1.1.2 Zoneamento

Com relação ao zoneamento da barragem as seguintes questões mereceram estudos mais detalhados e otimizações:

- ♦ Impermeabilização e transições do talude de montante.

Devido à grande heterogeneidade do maciço rochoso no local onde seria implantado o aproveitamento, sua implantação exigiu constantes adaptações e adequações para a otimização das obras, à medida que as escavações eram executadas e revelavam as reais condições geológico-geotécnicas dos materiais escavados e das fundações das obras.

- ♦ Execução de guia de concreto extrudado sob a face de concreto.

Verificou-se que a utilização de uma guia de concreto magro extrudado sob a face de concreto, como já utilizado na barragem da UHE Itá, possibilitou uma redução significativa (da ordem de 50%) da largura da transição processada sob a laje, facilitando a construção e reduzindo o seu prazo de execução, suprimindo a necessidade de compactação da face e dispensando a sua imprimação.

Outra vantagem foi a adoção de um diâmetro máximo de 100 mm para a transição processada T1, que possuía a limitação a 75 mm para garantir uma superfície acoplada regular no contato com a laje. Com cuidado adicional à solução usada na UHE Itá, foi instalada uma manta plástica entre o concreto extrudado e a face de concreto, para evitar a aderência entre os dois elementos.

### **3.3.1.1.3 Impermeabilização do talude de montante da seção prioritária da primeira etapa**

Foi utilizada uma camada de pedregulho com finos (material T4) seguida de uma camada de enrocamento fino, cada uma com três metros de espessura, ao invés de uma camada única de enrocamento fino com oito metros de espessura.

### **3.3.1.2 Estudos de otimização visando a implantação final**

Para a otimização do projeto da barragem principal, diversos estudos foram realizados com o intuito de reduzir a demanda de material rochoso excedente em relação aos volumes disponíveis das escavações obrigatórias.

#### **3.3.1.2.1 Muro de jusante no coroamento**

Uma primeira opção para redução do volume do enrocamento da barragem foi a modificação do arranjo do coroamento com a introdução de um segundo muro de contenção a jusante. Esse muro, com quatro metros de altura e volume de concreto estimado em 1.865 m<sup>3</sup>, proporcionou uma redução de volume do enrocamento, referente ao material proveniente de pedreira, de aproximadamente 173.800 m<sup>3</sup> proporcionando à obra uma economia significativa.

#### **3.3.1.2.2 Rotação do eixo**

Durante o estudo das escavações da fundação, a partir da consolidação da superfície do topo rochoso na margem direita, foi visualizada a possibilidade da redução do volume do enrocamento da barragem principal. Fazendo-se uma rotação do eixo da barragem no sentido horário, deslocando-o cerca de 40 m para montante na ombreira direita, até o limite permitido pela configuração do topo rochoso na elevação 480 m e pela fossa existente no leito do rio a jusante que condiciona o avanço do pé do talude. Desse modo foi possível reduzir o volume do maciço de enrocamento em

cerca de 284.000 m<sup>3</sup> e, adicionalmente, a extensão do plinto e da laje, pelo encurtamento do eixo em cerca de 42 m na elevação 480 m.

### 3.3.1.3 Ajustes finais do arranjo

O acesso principal à casa de força, para o transporte dos equipamentos pesados, provenientes da margem esquerda, originalmente estava previsto passando pelo desemboque dos túneis superiores (T3/T4), em berma situada acima do espelho correspondente, e pela berma do talude de jusante da barragem principal, situada na elevação 402 m.

Levantamentos e investigações complementares realizadas evidenciaram como principal problema dessa solução a transposição da encosta natural situada logo após o espelho do desemboque, em razão da elevada inclinação dessa, exigindo a implantação de obras de contenção de grande porte (cortina atirantada com vários níveis de tirantes), com custos elevados. Em função desse aspecto, foi alterada a disposição geométrica do acesso, de forma que o seu trajeto passasse pela crista do Dique 1, pelo topo arrasado da pedreira da margem esquerda e pelo talude de jusante da barragem (com berma em rampa de cerca de 10,5% e largura aumentada para dez metros) suprimindo-se a berma da elevação 402 m com ulterior redução do volume total do enrocamento. Dessa forma, pôde ser projetada uma conformação mais econômica para os taludes de escavação em solo e para o espelho em rocha do desemboque dos túneis, que teve o espelho deslocado dez metros para jusante.

### 3.3.1.4 Zoneamento e balanceamento de materiais

Inicialmente seguiu-se a abordagem do Projeto Básico, que reflete a prática corrente em diversas obras construídas na bacia do Paraná, onde as características dos enrocamentos que compõem as diversas zonas da barragem principal foram definidas em função da composição litológica das rochas utilizáveis, conforme mostra a tabela 3.1, na proposição inicial. No caso do sítio da UHE Machadinho, entretanto, as litologias predominantes são basaltos amigdaloidais, vesículo-amigdaloidais e brechas. O basalto denso, que por apresentar melhores características geomecânicas havia sido indicado para predominar nas zonas mais nobres do maciço de enrocamento, ocorre com menor intensidade.

Na margem direita, a única ocorrência mais expressiva do basalto denso é na região da tomada d'água e ogiva do vertedouro, que estava sendo reservada para a produção de agregados para o concreto. Tendo em vista essa situação, julgou-se mais adequado modificar o enfoque, passando a especificar, em vez da composição litológica, as características geomecânicas da rocha utilizável no enrocamento. Conforme mostra a tabela 3.2, foi adotado como parâmetro principal de controle a sua resistência à compressão simples.

A caracterização dos materiais utilizáveis em cada zona do enrocamento foi im-

**A caracterização dos materiais utilizáveis em cada zona do enrocamento foi implementada logo após a sua escavação, efetuando-se ensaios de resistência puntiforme em blocos obtidos no desmonte.**

plementada logo após a sua escavação, efetuando-se ensaios de resistência puntiforme em blocos obtidos no desmonte. Os resultados obtidos foram correlacionados com a resistência à compressão simples, por meio da realização de uma campanha prévia de ensaios em amostras gêmeas. Com base nos critérios acima, foram revisadas as Especificações de Contrato das Obras. Concluídos os ajustes finais do arranjo, recalcularam-se os volumes dos diversos materiais rochosos exigidos. Assim, foi verificada a redução total proporcionada pelo conjunto de otimizações introduzidas no desenvolvimento do projeto, de cerca de 569.000 m<sup>3</sup>.

A significativa redução do volume de pedreira, em relação àquele anteriormente previsto na consolidação do Projeto Básico, proporcionou revisão de projeto do canal de aproximação do vertedouro, utilizado como pedreira, para a redução da sua escavação.

### 3.3.1.5 Controle tecnológico dos enrocamentos

O enrocamento E1, utilizado no terço de montante da barragem, foi compactado em camadas de 0,80 m, apresentando densidade média de 2,05 tf/m<sup>3</sup>, massa específica média de 2,54 tf/m<sup>3</sup> e absorção média de 3%, sendo constituído de rochas sãs. A sua granulometria apresentou 100% de blocos com dimensão inferior a 50 cm (20”) e 8% de material inferior a aproximadamente 10 cm (3/8”).

Os enrocamentos E2/E3 e E2'/E3' foram compactados em camadas com espessura de 1,60 m. Os resultados dos ensaios mostraram densidade média da ordem 1,99 tf/m<sup>3</sup>, massa específica dos grãos de 2,50 tf/m<sup>3</sup>, absorção média de 3,5% e granulometria com 85% de blocos de dimensão inferior a 30 cm (12”) e 11% de material inferior a 10 cm (3/8”). Cabe observar que nessas zonas foram utilizados os materiais provenientes das escavações obrigatórias, havendo presença de rocha alterada e finos argilosos no material utilizado. Nos gráficos 3.1 e 3.2 apresentam-se as curvas granulométricas dos materiais supracitados.

**O conjunto de otimizações introduzidas no desenvolvimento do projeto reduziu a necessidade de material rochoso em cerca de 569.000 m<sup>3</sup>.**

Tabela 3.1

**Materiais utilizáveis – Proposição inicial**

Zona	Material	Classificação	Método de lançamento e compactação
E0	Enrocamento	Enrocamento com mínimo de 70% de basalto denso, $\phi < 400$ mm.	Rolo vibratório $\geq 90$ kN. Quatro passadas, compactado em camadas de 0,40 m.
E1	Enrocamento	Enrocamento com mínimo de 70% de basalto denso, $\phi < 800$ mm.	Rolo vibratório $\geq 90$ kN. Seis passadas, compactado em camadas de 0,8 m.
E2	Enrocamento	Enrocamento com mínimo de 70% de basalto denso, $\phi < 1.600$ mm.	Rolo vibratório $\geq 90$ kN. Quatro passadas, compactado em camadas de 1,60 m.
E1L	Enrocamento	Enrocamento com mínimo de 70% de basalto denso, $\phi < 800$ mm.	Lançado
E2L	Enrocamento	Enrocamento com mínimo de 70% de basalto denso, $\phi < 1.600$ mm.	Lançado
E3	Enrocamento	Enrocamento composto por rochas sãs, brechas, basaltos densos e vesiculares em qualquer proporção, $\phi < 1.600$ mm.	Rolo vibratório $\geq 90$ kN. Quatro passadas, compactado em camadas de 1,60 m.
E4	Enrocamento	Enrocamento composto por rochas alteradas, brechas e basaltos vesiculares, $\phi < 800$ mm.	Rolo vibratório $\geq 90$ kN. Quatro passadas, compactado em camadas de 0,8 m.
T1	Transição	Transição de basalto denso, $\phi < 100$ mm.	Rolo vibratório $\geq 90$ kN. Quatro passadas, compactado em camadas de 0,40 m.
T2	Transição	Transição de basalto denso, $\phi < 25$ mm.	Rolo vibratório $\geq 90$ kN. Quatro passadas, compactado em camadas de 0,20 m.
T3	Transição	Transição não-processada de saprólito duro/rocha, $\phi < 300$ mm.	Compactado com tráfego de equipamentos em camadas de 0,40 m.
T3L	Transição	Transição não-processada de saprólito duro/rocha $\phi < 300$ mm.	Lançada abaixo do N.A.
SL	Solos	Solo superficial/saprolítico.	Lançado
SC1	Solos	Solo superficial/saprolítico.	Compactado com tráfego de equipamentos em camadas de 0,25 m.
SC2	Solos	Solo superficial/saprolítico.	Compactado com tráfego de equipamentos em camadas de 0,40 m.

Tabela 3.2

**Materiais utilizáveis – Proposição adotada**

Zona	Material	Classificação	Método de lançamento e compactação
E0	Enrocamento	Mínimo de 70% de basalto com resistência à compressão simples $\geq 50$ MPa.	Rolo liso vibratório com peso estático $\geq 90$ kN: 4 passadas: camadas de 0,40 m.
E1	Enrocamento	Mínimo de 70% de basalto com resistência à compressão simples $\geq 50$ MPa.	Rolo liso vibratório com peso estático $\geq 90$ kN. 6 passadas: camadas de 0,8 m.
E2	Enrocamento	Mínimo de 70% de basalto com resistência à compressão simples $\geq 40$ MPa.	Rolo liso vibratório com peso estático $\geq 90$ kN: 4 passadas: camadas de 1,60 m.
E1L	Enrocamento	Mínimo de 70% de basalto com resistência à compressão simples $\geq 50$ MPa.	Lançado
E2L	Enrocamento	Mínimo de 70% de basalto com resistência à compressão simples $\geq 40$ MPa.	Lançado
E2	Enrocamento	Mínimo de 70% de basalto com resistência à compressão simples $\geq 40$ MPa.	Rolo liso vibratório com peso estático $\geq 90$ kN: 4 passadas: camadas de 1,20 m.
E3	Enrocamento	Basaltos e/ou brechas em qualquer proporção com resistência à compressão simples $\geq 25$ MPa.	Rolo liso vibratório com peso estático $\geq 90$ kN: 4 passadas: camadas de 1,60 m.
E4	Enrocamento	Basaltos e/ou brechas em qualquer proporção com resistência à compressão simples $\geq 20$ MPa.	Rolo liso vibratório com peso estático $\geq 90$ kN: 4 passadas: camadas de 1,20 m.
T1	Transição	Basalto com resistência à compressão simples $\geq 50$ MPa.	Rolo liso vibratório com peso estático $\geq 90$ kN: 4 passadas: camadas de 0,80 m.
T2	Transição	Basalto com resistência à compressão simples $\geq 50$ MPa.	Rolo liso vibratório com peso estático $\geq 90$ kN: 4 passadas: camadas de 0,40 m.
T3	Transição	Transição não-processada de saprólito duro.	Rolo liso vibratório com peso estático $\geq 90$ kN: 4 passadas: camadas de 0,20 m.
T3L	Transição	Transição não-processada de saprólito duro.	Lançada abaixo do N.A.
SL	Solos	Solo superficial/saprolítico.	Lançado
SC1	Solos	Solo superficial/saprolítico.	Compactado com tráfego de equipamentos em camadas de 0,25 m.
SC2	Solos	Solo superficial/saprolítico.	Compactado com tráfego de equipamentos em camadas de 0,40 m.



Gráfico 3.1

**Curvas granulométricas dos materiais – Faixas E1, E1L e E4**

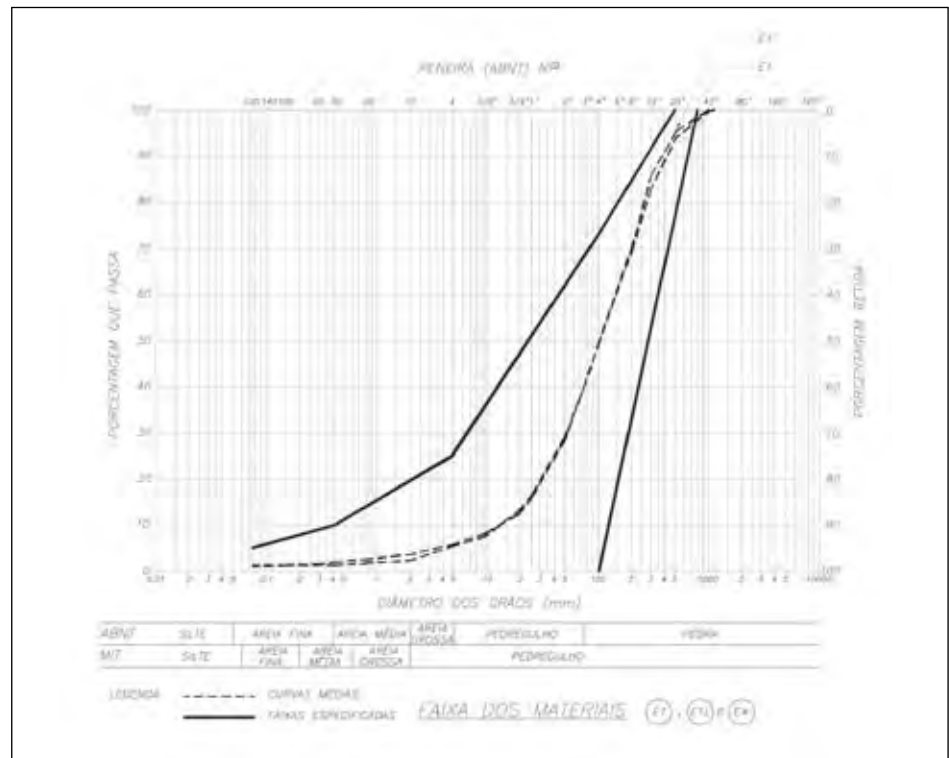
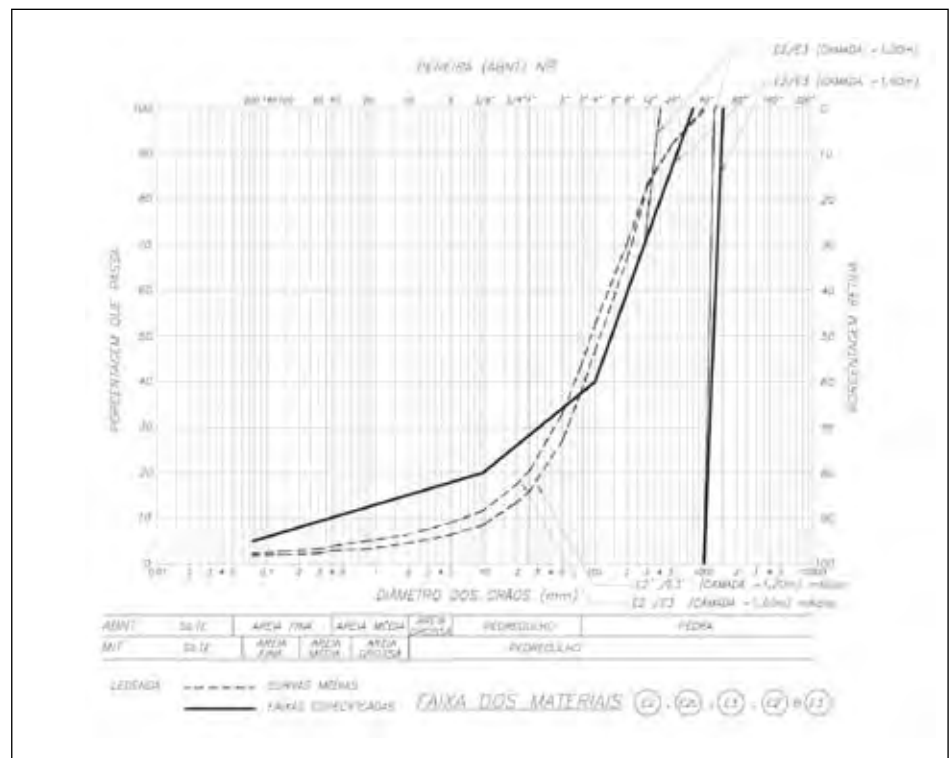


Gráfico 3.2

**Curvas granulométricas dos materiais – Faixas E2, E2L, E2' e E3**



### 3.3.1.6 Controle de qualidade e resultados da instrumentação

Os módulos de deformabilidade dos enrocamentos puderam ser avaliados com os resultados da instrumentação dos medidores de recalque magnético e das caixas suecas. Os valores obtidos foram de 30 a 60 MPa para o enrocamento E1, enquanto que para o enrocamento E2/E3 os módulos obtidos variaram de 20 a 40 MPa.

### 3.3.1.7 Projeto da laje do paramento

#### 3.3.1.7.1 Projeto geométrico

Os painéis da laje do paramento de montante foram determinados considerando-se as irregularidades geométricas do caminhamento do plinto. Evitou-se a colocação de juntas próximas aos pontos de inflexão do plinto, principalmente perto de lugares onde essa inflexão era muito elevada. Assim o paramento de montante da barragem foi dividido basicamente em 41 painéis de 16,10 m de largura mais dois painéis de fechamento, um em cada ombreira. Na ombreira direita, próxima ao muro de sustentação do plinto, a laje que apresentava maior esconsidade foi dividida em dois painéis de 8,05 m, evitando-se assim o aparecimento de grandes esforços no sentido transversal da mesma.

#### 3.3.1.7.2 Projeto estrutural

As armaduras projetadas para os painéis da laje de montante do barramento consideraram as suas deformadas determinadas como resultado dos estudos de deformação do maciço de enrocamento com o enchimento do reservatório apresentado anteriormente. Com a utilização do Método dos Elementos Finitos foram impostos os deslocamentos e obtidos os esforços solicitantes nas seções mais críticas. Com esses resultados foram determinadas as armaduras necessárias, considerando-se o valor limite de 0,3 mm para abertura máxima de fissura. A armadura mínima foi limitada em 0,4% da área do concreto nas duas direções.

A armadura dupla foi adotada na porção inferior da laje do paramento, correspondente à faixa localizada entre 20 m e 30 m do plinto onde, conforme deformações determinadas pelo modelo de análise tensão X deformação do enrocamento, em muitos casos houve inversões dos momentos fletores com trações na face superior da laje. A partir dos pontos onde os momentos se tornavam sempre positivos, ou seja, com tração na face inferior da laje, a armadura foi constituída por uma malha única, localizada no plano central da laje.

Os módulos de deformabilidade dos enrocamentos puderam ser avaliados com os resultados da instrumentação dos medidores de recalque magnético e das caixas suecas.

**O projeto do plinto foi ajustado de acordo com sugestões da Junta de Consultores do empreendimento, caracterizando-o como estrutura contínua de concreto armado, sem juntas transversais.**

### **3.3.1.8 Complementação do projeto do plinto**

#### **3.3.1.8.1 Condicionantes geológico-geotécnicos**

O projeto do plinto foi desenvolvido após a escavação em rocha de sua fundação. Em especial na região da margem direita, na qual o perfil do topo rochoso apresentou-se bastante íngreme, a geometria da escavação em rocha foi cuidadosamente estudada, resultando em um traçado segundo o qual a rampa ao longo do plinto não fosse íngreme demais, nem necessitasse de grande volume de muro de fundação. Para tanto, a escavação nesse trecho foi projetada em degraus com altura de 4 m, dando origem a um muro de fundação do plinto de pequena altura (no máximo 7 m) e extensão de cerca de 25 m. Porém, devido às reais condições do maciço rochoso, muito fraturado e com passagens de solo, a geometria final da escavação ficou distinta da concepção do projeto. Adicionalmente, devido às fracas características do maciço e à concentração de águas de drenagem superficial na região, houve uma movimentação de médias proporções na região do talude remanescente, escavado a montante da linha do plinto, com a formação de uma extensa trinca que interceptava o seu alinhamento. Em consequência, foi necessária uma revisão do projeto do plinto nesse trecho, alterando-se o seu traçado em planta e em perfil, tendo sido definidos também os tratamentos e contenções exigidos na área.

#### **3.3.1.8.2 Ajustes de arranjo e seções típicas**

O projeto do plinto foi ajustado de acordo com sugestões da Junta de Consultores do empreendimento, caracterizando-o como estrutura contínua de concreto armado, sem juntas transversais. As suas dimensões básicas, largura e espessura, em cada região, foram definidas em função de carga hidráulica, tendo sido adotados três tipos básicos:

- ♦ O tipo A para carga até 70 m, com quatro metros de largura e 0,50 m de espessura.
- ♦ O tipo B para cargas de 70 m até 90 m, com cinco metros de largura e 0,60 m de espessura.
- ♦ E o tipo C, para cargas superiores a 90 m, com sete metros de largura e espessura de 0,70 m.

A geometria da cabeça do plinto foi definida para cada trecho, em função da sua esconsidade, caracterizada pela direção com relação ao eixo da barragem e inclinação sobre a horizontal. As premissas adotadas para essa definição foram as seguintes:

- ♦ Caracterização da Linha Y como intersecção da face inferior da laje com a face de jusante do plinto, onde foi colocado o veda-junta de cobre tipo F ao longo de toda a junta perimetral.

- ♦ Distância da Linha Y em relação à base do plinto constante e igual a 0,80 m, garantindo uma espessura mínima de enrocamento sob a laje.
- ♦ Face de jusante do plinto perpendicular à laje em cada trecho, de modo a possibilitar a livre movimentação da laje.
- ♦ Distância entre a face superior da laje e a face superior da cabeça do plinto de no mínimo cinco centímetros, para alojar o IGAS do sistema de vedação superior da junta perimetral.

O problema foi resolvido com auxílio de modelo tridimensional em AutoCAD 3D, que permitiu definir as coordenadas de cada vértice da poligonal da Linha Y e, para cada trecho de plinto o ângulo diedro entre a face inferior da laje e a superfície nominal (reconstituída) da sua fundação, cujo complemento a 90° caracteriza a inclinação da face de jusante do plinto.

A principal alteração, com relação ao anteriormente previsto no projeto de escavação, em face das condições do maciço rochoso na ombreira direita, como acima relatado, foi uma ligeira relocação do traçado, de modo a afastar a fundação da região movimentada. Em perfil, entretanto, tendo em vista que a escavação real produziu uma superfície com elevações inferiores àquelas do projeto, surgiu a necessidade de um muro de fundação de grande altura (máxima ao redor de 17 m) e extensão de cerca de 50 m. Esse muro, do tipo gravidade, teve sua estabilidade verificada, considerando como esforços atuantes:

- ♦ O peso próprio do muro de concreto.
- ♦ O empuxo hidrostático correspondente ao nível d'água máximo normal do reservatório, na elevação 480 m, atuante sobre a face de montante do muro.
- ♦ A subpressão, com diagrama triangular sob a base do muro, correspondente à mesma elevação do nível d'água do reservatório (elevação 480 m).
- ♦ O peso da coluna d'água sobre o muro e sobre a laje de concreto (na fatia correspondente à projeção horizontal da face de jusante do muro).
- ♦ O peso da coluna de enrocamento/transições sobre a face de jusante do muro, desprezando-se, porém, qualquer empuxo em repouso do maciço de enrocamento sobre essa face.

No muro da margem esquerda foi adotado o empuxo de enrocamento equivalente a 10% da carga hidráulica.

### 3.3.1.9 Consolidação do projeto do plinto na margem esquerda

A solução prevista para a implantação do plinto na margem esquerda foi reavaliada, considerando não só os aspectos relacionados com os tratamentos das fundações, mas também todos os aspectos intervenientes, tais como:

**A solução prevista para a implantação do plinto na margem esquerda foi reavaliada, considerando não só os aspectos relacionados com os tratamentos das fundações, mas também todos os aspectos intervenientes.**

- ♦ As incertezas quanto ao porte das escavações, que, para atingir condições de fundação melhores, deveriam ser aprofundadas até a completa remoção do material intemperizado, atingindo-se o topo do derrame K, bem como as dificuldades de se transicionar desse patamar até o topo do paredão resultante.
- ♦ A incerteza quanto à qualidade do maciço rochoso mais para montante, uma vez que quanto mais se escava, mais a montante fica o plinto. Na ombreira esquerda, mais aliviada, ele se encontra em função das condições topográficas do local (trata-se do bico de uma encosta) e, portanto, mais avançado é o seu processo de intemperismo e pior a sua qualidade, conforme se observa na região mais alta dessa ombreira.
- ♦ E, finalmente, os aspectos de seqüência construtiva, já que não se tinha mais condições de acesso aos trechos mais altos da ombreira, e de segurança dos trabalhos, uma vez que a escavação a montante do plinto, onde a espessura de solo é superior a 15 m, poderia apresentar sérios problemas de estabilidade, com grandes impactos no cronograma da obra.

À luz dessas análises, que contaram inclusive com a execução de quatro sondagens rotativas na porção inferior do talude em correspondência à fundação do plinto, sendo três sub-horizontais e uma inclinada de 45° – até atravessar o contato entre os derrames J e K, verificou-se ser mais conveniente para o empreendimento manter o maciço remanescente e efetuar todos os tratamentos que fossem necessários para o bom desempenho da barragem.

Para certificar-se dessa decisão, foi feita uma visita conjunta de consultores da construtora e da projetista. O foco principal da visita foi avaliar a estabilidade da ombreira que apresentava alguma movimentação no trecho superior, evidenciada por uma trinca no concreto de regularização e entre blocos de rocha expostos a montante, aproximadamente na elevação 450 m, bem como o projeto proposto para a estabilização da ombreira e a implantação do plinto. Após a visita confirmou-se o modelo concebido anteriormente para o maciço rochoso, com descontinuidades subverticais, onde os cálculos mostraram que, mesmo para essa condição, o fator de segurança mínimo obtido era adequado.

Todavia, um processo de *toppling*/basculamento de blocos de rocha na ombreira se mostrava responsável pelas movimentações registradas e necessitava ser estabilizado. Para esse fim foi elaborado e executado projeto de contenção.

Desse projeto constaram duas linhas de atirantamento nas elevações 425 m e 422 m, para possibilitar o rebaixamento final das escavações e o início de implantação do muro de fundação do plinto, bem como a escavação de *cut-off* através de galeria, junto ao contato entre os derrames J e K, que seria posteriormente concretada, e ainda uma terceira linha de tirantes, aproximadamente na elevação 446 m.

### 3.3.2 Túneis de desvio

A escavação para implantação dos túneis de desvio ocorreu no início da obra, em meados de 1998. Foi realizada a escavação comum em solo até encontrar o topo do maciço rochoso aproximadamente na elevação 409 m. Em seguida foi feita a escavação em rocha até a elevação 401,70 m, correspondente ao nível de acesso à casa de força dos veículos e equipamentos provenientes da rampa de acesso implantada no talude de jusante da barragem principal.

Para a drenagem dos maciços de solo e rocha foram instalados drenos sub-horizontais profundos (DHPs) no contato entre solo e rocha e na parede do talude de rocha entre as elevações 401,70 m e 409 m.

A cerca de 20 m a jusante do talude de rocha, foi implantada a escavação encaixada em rocha a céu aberto, para o desemboque dos túneis inferiores. Essa escavação foi executada com taludes inclinados de 1V:1H, com bermas de seis metros de largura a cada dez metros de altura. Após sua implantação, esse talude apresentou um comportamento satisfatório até outubro de 2000, quando surgiram trincas em torno da elevação 420 m, na região oeste, próximo ao talude em rocha da casa de força, onde estavam instalados dois reservatórios de água.

Como a região atingida tinha uma área reduzida e localizada, além de as trincas apresentarem pequena espessura (ocorrência superficial), decidiu-se realizar uma obra de estabilização através da implantação de um muro de contenção com quatro metros de altura, em gabiões (material resistente e francamente drenante), o qual foi estendido a toda a base do talude.

Em meados de junho de 2001, ocorreram deslocamentos da ordem de quatro centímetros ao longo de uma descontinuidade sub-horizontal (fratura) no maciço rochoso, situada na elevação 407 m, aproximadamente. Essa movimentação foi constatada a partir do deslocamento relativo apresentado pelas meias-canas das perfurações para a escavação do talude, tendo ocorrido também trincas ao longo do talude de solo. Esse deslocamento passou a ser monitorado, chegando a cerca de cinco centímetros em 30 de junho de 2001.

A provável explicação para essa instabilização é que, associada a uma baixa resistência ao cisalhamento da descontinuidade do maciço rochoso, houve a ocorrência de uma concentração de pressões neutras de água no próprio maciço, ocasionada pelas chuvas que aconteceram a partir da metade do mês de junho de 2001. Essa ocorrência acarretou a necessidade de uma nova avaliação da estabilidade desse talude e de um novo projeto, que contemplasse retaludamento, atirantamento, implantação de drenos sub-horizontais profundos, drenagem superficial e tratamento superficial.

Os serviços de retaludamento foram executados após a construção dos acessos. As escavações foram feitas do topo para a base do talude e o material escavado foi

completamente removido. Os serviços de atirantamento foram iniciados com duas linhas inferiores atirantadas em rocha. Após o término dos serviços de retaludamento, foi construída uma grelha entre as elevações 413 m e 417 m e um painel de concreto na elevação 430 m. Posteriormente foram feitas mais duas linhas de tirantes, uma no painel de concreto e outra na grelha. Também foram instalados drenos sub-horizontais profundos (DHPs) com 20 m de comprimento nas elevações 413,50 m, 421,50 m e 431 m. Para a proteção dos taludes, foi implantado um sistema de drenagem superficial e, imediatamente após a escavação, os taludes foram cobertos com grama em placas.

### **3.3.3 Casa de força - Edifício de controle e administração**

O edifício de controle e administração central está situado no lado de jusante do pátio de acesso, na margem esquerda do canal de fuga. Para ressaltar o caráter industrial da instalação e simplificar a sua construção, mantendo, todavia, em foco o porte do empreendimento, o edifício foi construído em estrutura metálica constituída de pórticos paralelos, espaçados a cada cinco metros. Contou também com lajes pré-moldadas de concreto, ocupando uma área de 10,40 m de largura por 40,40 m de comprimento, no prolongamento das galerias e adjacente ao corpo do acesso à casa de força – este em concreto aparente –, ao qual se interliga através de passarelas metálicas.

O edifício é composto, em seu piso térreo, na elevação 402,10 m, por área para recepção a visitantes, auditório, ambulatório médico, copa e sanitário. No primeiro piso, localizado na elevação 406,10 m, estão a sala de controle centralizado, salas para a administração e chefia da usina, secretaria, arquivos e sanitários. No segundo piso, na elevação 410 m, estão setores técnicos da usina referentes às áreas de manutenção, programação e análise, salas de reuniões e para pessoal de apoio temporário (em trânsito), arquivos e sanitários. Por fim, no último piso, na elevação 414,10 m, há instalações para cozinha e refeitório, ocupando apenas parte da área total, e acima desse espaço para caixas d'água. O edifício tem elevador para acesso aos vários pisos e instalações de ar-condicionado tipo *self-container* individual.

### **3.3.4 Tomada d'água**

#### **3.3.4.1 Aspectos geológico-geotécnicos**

Com a fundação na cota 440 m, a tomada d'água se encontra no domínio das rochas ácidas do derrame J, posicionada cerca de 34 m acima do contato J/K, sendo escavada, portanto, inteiramente em riocacitos. Esses dois derrames apresentam boas características geomecânicas, com propriedades semelhantes às encontradas em diversas obras da Bacia do Paraná, nas quais foram implantados, com sucesso, túneis forçados.

Por sua vez o derrame J, ácido, com cerca de 90 m de espessura, apresenta características peculiares e talvez até inéditas em relação às obras já executadas nessa região. Em princípio, essas características estão relacionadas com o tipo de extravasamento do material, sua elevada espessura e, posteriormente, aos processos de resfriamento e alívio de tensões associados à morfologia local.

Nesse derrame ocorre a formação de sistemas de fraturas subverticais, de origem tectônica e também descontinuidades inclinadas, com mergulho da ordem de 45°, com preenchimento de solo e blocos envoltos por solo, que superficialmente podem apresentar espessuras métricas, com tendência à redução da espessura com a profundidade. Esse processo está relacionado à existência de uma alternância de porções centimétricas mais escuras com porções mais claras e mais fracas (com desenvolvimento de microfissuras), conferindo ao maciço uma característica denominada “bandeamento magmático”, que assume um papel importante no desenvolvimento de fraturas intrínsecas ao derrame, resultantes de resfriamentos diferenciais e alívio de tensões nas regiões mais próximas às superfícies dos vales.

O processo de intemperismo do derrame J foi mais acelerado nas regiões onde, junto ao seu topo, a rocha apresenta-se muito fraturada, facilitando a percolação de água para o interior do maciço rochoso através dos sistemas de fraturas subverticais de origem tectônica, e também pelos sistemas de fraturas inclinadas intrínsecas do derrame. Esse fluxo, atingindo a brecha coerente e pouco fraturada do topo do derrame K, que atua como um selo impermeável que impede a percolação da água para elevações inferiores, faz com que essa percolação ocorra através da base fraturada do derrame J, formando as línguas de solo detectadas nas sondagens e nas escavações a céu aberto.

Ressalta-se-se que todas as sondagens executadas nas imediações dessas estruturas revelaram um maciço com excelentes condições geomecânicas, de tipo “muito bom” segundo a classificação de Bieniawski. Essa situação mostrou-se bastante diversa daquela encontrada nas escavações a céu aberto acima da elevação 440 m, onde o maciço revelou-se são, mas muito fraturado. Observou-se, porém, um aprofundamento considerável e inesperado da superfície do topo rochoso junto ao túnel forçado TF3, com mergulho acentuado dessa superfície num ângulo de cerca de 60°, na direção oeste/sudoeste.

### 3.3.4.2 Ajustes estruturais da tomada d'água

Os fatores geológico-geotécnicos relatados levaram a uma mudança de concepção da tomada d'água TA3 a partir da escavação total da rocha sobrejacente ao trecho sub-horizontal superior do túnel forçado correspondente, uma vez que não havia cobertura de rocha suficiente para o emboque da escavação subterrânea do mesmo. Isso de fato ocorreu a partir da elevação 440 m, com utilização de *raise boring*.



### 3.3.4.2.1 Verificação da estabilidade da TA3

Com a solução adotada para o emboque superior do túnel TF3, foi eliminada a rocha localizada a jusante da estrutura da tomada d'água, que colaborava com sua estabilidade. Com isso, houve a necessidade de se fazer uma nova verificação da estrutura, aumentando-se em algumas regiões o volume de concreto a ser utilizado.

Para que os coeficientes de segurança ficassem acima dos admitidos nos critérios de projeto, foi necessário efetuar um pequeno engrossamento da parede lateral direita hidráulica e da parede de jusante, bem como a redução do septo de rocha entre as tomadas TA2 e TA3, introduzindo uma câmara de compensação acima desse septo. Essas modificações resultaram em um volume adicional de cerca de 3.000 m<sup>3</sup> de concreto. A estabilidade da estrutura foi conseguida considerando-se como esforço resistente também o empuxo ativo do enrocamento construído a jusante da tomada d'água para o acesso entre os coroamentos do vertedouro e da barragem principal.

Para a determinação do fator de segurança ao deslizamento foram considerados ângulo de atrito concreto-rocha de 40° e coeficiente de adesão de 0,5 MPa. Os fatores de segurança ao deslizamento para os diversos casos de carregamento estão situados na faixa de 4,1 a 6,5. Os fatores de segurança menos favoráveis se referem ao tombamento, com valor de FDT igual a 1,3 para o caso de carregamento excepcional (CCE) e FDT igual a 1,1 para o caso de carregamento limite (CCL). As tensões na fundação para todos os casos não excederam 0,5 MPa.

## 3.3.5 Túneis forçados

### 3.3.5.1 Consolidação da solução de projeto

As condicionantes principais do projeto dos túneis forçados exigiram a implantação de revestimento final em concreto armado, associado à membrana impermeável e tratamento do maciço rochoso adjacente através de injeções e drenagens. Isso devido às características geomecânicas do maciço rochoso no local, particularmente do derrame J, em decorrência da cobertura de rocha dos túneis TF2 (na porção superior do trecho inclinado) e TF3 (em toda extensão desse mesmo trecho) apresentar valores incompatíveis com revestimentos permeáveis.

Na ocasião, várias ponderações foram feitas acerca de diferentes alternativas de membranas impermeáveis, desde as pré-formadas de PVC até soluções aquosas de poliacrílicos, aplicáveis por jateamento. Em seguida, para escolha da mais adequada, foram solicitadas propostas para o fornecimento e aplicação desses dois tipos de membrana, às empresas Carpi e Master Builders Technologies – MBT International Underground Construction Group.

A alternativa de PVC proposta pela Carpi não se mostrou muito adequada às condições do local, em razão das dimensões e inclinação dos túneis. Outro impedimento para o uso dessa solução era a seqüência construtiva determinada pela construtora,

que previa a concretagem do revestimento final em duas etapas, principalmente em consequência da necessidade de grande quantidade de emendas e elementos especiais junto a insertos – para injeções do maciço rochoso e gabaritos para montagem das armaduras, fixação dos trilhos de movimentação de plataformas de trabalho e das formas para subsequente concretagem do revestimento final – fontes de possíveis vazamentos indesejáveis.

A MBT, por sua vez, complementando sua proposta, prontificou-se a efetuar testes de aplicação de seu produto Masterseal 340 F, que foram realizados no final do mês de novembro de 1999, em trecho de cerca de dez metros da galeria de drenagem sobrejacente aos túneis. Esse trecho apresentava as situações mais críticas esperadas na execução final, principalmente quanto a infiltrações e ventilação. Os testes permitiram comprovar as principais vantagens e desvantagens do Masterseal, de forma que seus resultados foram avaliados também pelos membros da Junta de Consultores. Na ocasião, os consultores, em princípio, apresentaram restrições relacionadas principalmente à falta de experiência com esse produto em obra do porte da UHE Machadinho e com igual finalidade.

Adicionalmente, por ocasião dos testes, a própria MBT reconheceu a necessidade de ajustes na formulação da amostra testada para melhor adequar o produto às condições mais críticas esperadas de temperatura (aproximadamente 30°) e umidade relativa (de até 90%) em Machadinho, de modo a permitir a aplicação de camadas com espessura de até cinco milímetros, sem escorrimento. Essa nova formulação, denominada Masterseal 340 FH, foi satisfatoriamente testada e inspecionada nos laboratórios da Cônica, do Grupo MBT, e nas instalações subterrâneas de Hagerbach, na Suíça, onde nas condições acima referidas foram aplicadas camadas únicas de até dez milímetros sem escorrimento.

Com base nessas inspeções e subsidiados por pareceres de consultores de mecânica das rochas da projetista e da construtora foi finalmente definido como critério de projeto dos túneis forçados, para garantir a segurança exigida, um conjunto de medidas mutuamente complementares expostas a seguir:

- ♦ Revestimento interno final em concreto armado, com controle da abertura de fissuras de no máximo 0,3 mm, conforme a norma NBR 6118, considerando a colaboração do maciço rochoso adjacente apenas e na medida em que seu módulo de deformabilidade o permita com segurança.
- ♦ Revestimento impermeabilizante externo constituído de uma primeira camada de 60 mm de concreto projetado, regularizando a superfície da escavação; uma membrana impermeável de Masterseal 340 FH com cinco milímetros de espessura, aplicada em no mínimo duas demãos, e uma segunda camada de concreto projetado, para proteção do Masterseal contra danos mecânicos durante as atividades de montagem das armaduras e subsequente concretagem do revestimento final.
- ♦ Injeções de consolidação/impermeabilização do maciço rochoso numa faixa de

cinco metros ao redor de cada túnel, executadas ao longo de seções espaçadas a cada três metros na porção superior do trecho inclinado dos túneis, executadas em duas etapas subseqüentes e com pressões diferenciadas, adicionalmente às injeções do contato concreto-rocha usuais nos trechos sub-horizontais dos túneis.

- ♦ Ampla rede de drenagem do maciço rochoso ao redor da região de implantação dos túneis, para oportuno controle das subpressões no maciço e adequado encaminhamento de percolações, por meio de galeria de drenagem específica, com acesso pelo pátio da casa de força.

A membrana impermeável de Masterseal 340 FH foi aplicada em toda a extensão do túnel TF3, inclusive seu trecho horizontal até o início da blindagem metálica, e no trecho superior do TF2 até cerca de cinco metros abaixo do contato entre os derrames J e K.

### 3.3.5.2 Dimensionamento estrutural

O dimensionamento do revestimento final de concreto armado dos túneis forçados foi realizado de maneira individualizada para cada túnel. Foram elaborados estudos no estado plano de tensões em regime elástico, através do Método dos Elementos Finitos, utilizando o programa de análise estrutural SAP 2000.

Para cada túnel foram analisados dois casos de carregamento: os três túneis cheios ou apenas um cheio e os demais vazios. Assim, adotou-se a pressão interna correspondente à Condição de Carregamento Normal (CCN) com nível d'água máximo normal de montante na elevação 480 m, acrescido do efeito hidrodinâmico devido à rejeição de carga – considerado conforme o resultado do estudo de transientes hidráulicos elaborado pela Alstom no contexto de seu projeto das turbinas. Essa CCN, em face dos coeficientes de majoração das ações e minoração das resistências a ela inerentes, prevaleceu sobre a Condição de Carregamento Excepcional (CCE) com nível d'água máximo maximorum de montante na elevação 485,36 m.

O maciço rochoso foi considerado com os parâmetros geomecânicos característicos de cada derrame e litologia identificados no local, tendo-se admitido ao redor de cada túnel uma zona abalada pelo fogo com dois metros de espessura, para a qual foi adotado módulo de deformabilidade longitudinal com valor igual a um terço do correspondente módulo do maciço. Para o dimensionamento das armaduras dos túneis TF1 e TF2 foram analisadas três seções de cada um, sendo:

- ♦ A primeira na elevação 437,90 m, no limite entre o trecho curvo superior e o inclinado de 55°, no derrame J.
- ♦ Uma segunda, na elevação 410 m, no trecho inclinado, junto ao contato entre os derrames J e K.
- ♦ E a terceira no trecho horizontal, com o eixo na elevação 368,50 m, distante cerca de 70 m da linha de centro da correspondente unidade geradora.

**Os túneis forçados ou condutos forçados são escavados na rocha e têm a função de conduzir a água até a caixa espiral para girar o eixo das turbinas.**

O deslocamento radial máximo encontrado para o revestimento desse túnel foi de aproximadamente 0,9 mm na face superior do revestimento. O estado de fissuração foi verificado, sendo o valor médio da abertura das fissuras da ordem de 0,3 mm, de acordo com os critérios de projeto previamente estabelecidos. As análises referentes ao TF2 consideraram confinamento lateral e cobertura de rocha menor, em face das escavações realizadas para implantação do bloco 3 da tomada d'água e da topografia do maciço rochoso que se reduz para o lado do TF3.

Para o dimensionamento das armaduras do revestimento do TF3, além das três seções acima definidas, foi verificada uma quarta seção entre as duas primeiras, tendo sido modificadas as premissas do cálculo, como segue:

- ♦ A seção na elevação 437,50 m, entre o trecho curvo superior e o inclinado, foi considerada autoportante e dimensionada para suportar, quando vazia, o peso próprio e o enrocamento sobrejacente. Quando cheia, suporta, além das cargas acima, a pressão de água em seu interior, incluindo os efeitos hidrodinâmicos devido à rejeição da carga.
- ♦ A seção adicional do trecho inclinado, na elevação 422 m, em forma de coroa circular, foi dimensionada sem considerar qualquer contribuição da rocha adjacente, ou seja, apesar de estar envolvida por rocha, também foi considerada autoportante e é capaz de suportar isoladamente as pressões internas da água incluindo os efeitos hidrodinâmicos como acima mencionado.
- ♦ Para a seção na elevação 410 m, junto ao contato entre os derrames J e K, a colaboração da rocha adjacente foi considerada mas, mesmo assim, foi disposta uma seção de armadura um pouco maior do que a necessária para resistir aos esforços obtidos com a participação da rocha envolvente, tendo em vista um transicionamento melhor entre a seção anterior e a seguinte.
- ♦ A última seção, já no trecho horizontal, com eixo na elevação 368,50 m (eixo do distribuidor), próximo ao início da blindagem, foi verificada considerando a participação da rocha adjacente.

Tanto para o TF2 como para o TF3 o deslocamento radial máximo encontrado foi de, aproximadamente, um milímetro na face superior do revestimento. O estado de fissuração foi verificado e o valor médio da abertura das fissuras encontrado é da ordem de 0,3 mm, com espaçamento médio de cerca de 50 cm.

Para ambos os túneis foi analisada a participação da camada do impermeabilizante Masterseal, envolvida por duas camadas de concreto projetado. Verificou-se que os valores das tensões no revestimento de concreto não foram afetados significativamente quando comparados com a situação onde não há a presença desse impermeabilizante.

**As condicionantes principais do projeto dos túneis forçados exigiram a implantação de revestimento final em concreto armado, associado à membrana impermeável e tratamento do maciço rochoso com injeções e drenagens.**

O projeto básico do vertedouro da UHE Machadinho determinou que a sua calha de restituição teria um trecho revestido de concreto armado, com cerca de 86 m de extensão e, em seguida, um trecho escavado em rocha sem revestimento.

### 3.3.6 Vertedouro

#### 3.3.6.1 Concepção básica do projeto

O projeto básico do vertedouro da UHE Machadinho determinou que a sua calha de restituição teria um trecho revestido de concreto armado, com cerca de 86 m de extensão e, em seguida, um trecho escavado em rocha sem revestimento. Nesse último trecho poderiam ser realizados tratamentos localizados apenas nos locais onde o maciço rochoso se apresentasse não-competente. Em face dessa concepção, manutenções periódicas seriam realizadas no intervalo entre as cheias de maior porte. O projeto executivo detalhou essa concepção.

#### 3.3.6.2 Condições geomecânicas da rocha exposta pelas escavações da calha do rápido

A escavação da calha de restituição expôs um maciço rochoso com condições bastante erráticas. O derrame J, no local, é constituído por uma série de subderrames basálticos (no mínimo dois) que fazem com que o maciço se apresente anisotrópico e heterogêneo, exibindo materiais na condição de solo, rocha alterada e fraturada e rocha sã.

Essa condição ficou particularmente evidente na parede lateral esquerda da escavação, onde estavam bastante nítidas as discontinuidades geológicas (contatos) entre dois subderrames, que mostravam sinuosidade de grandes oscilações (vários metros), exibindo altos e depressões, com espessura de dezenas de centímetros a metros, localmente formadas por maciços na condição de solo. Tais contatos entre subderrames, verificados nas paredes do talude do lado esquerdo, também compõem no piso da calha, até alguns metros de profundidades, e são visíveis na parede lateral direita, mas em cotas bastante superiores, não afetando os taludes de implantação da calha.

#### 3.3.6.3 Intervenções emergenciais no vertedouro

Tendo em vista o exposto, foram adotadas as seguintes intervenções emergenciais:

- ♦ Executado, na parede lateral esquerda do canal, ao longo de toda sua extensão, um muro em concreto moldado, ancorado no maciço, acoplado a uma laje de fundo de sete metros de largura, também ancorada no maciço, visando proteger contra a erosão o talude e a calha na ombreira esquerda. Ao longo do pé da laje do muro foi executada uma linha dupla de chumbadores com 11 m de comprimento, de forma análoga à executada no final do trecho com revestimento em concreto armado da calha de restituição.
- ♦ Executado um tratamento de liberação de fundações em toda a superfície da calha, de maneira a remover camadas moles, chocos e zonas muito fraturadas.

Esse tratamento previu também a remoção de todo o material sobrejacente aos contatos em solo entre os subderrames, onde esses ocorrem em profundidades inferiores a dois metros, aproximadamente. Para os contatos que se apresentaram em profundidades maiores foram feitos tratamentos dentais, removendo as zonas mais fracas, até uma profundidade igual a 1,5 vez a sua largura e recompondo a superfície com concreto, ancorado no maciço.

- ♦ Conforme sugerido pela Junta de Consultores, foram executados também:
  - A construção de uma viga-soleira com sete metros de largura e topo na horizontal, transversalmente à calha em toda sua largura, afastada 180 m do final do trecho da calha já revestido em concreto, fortemente ancorada no maciço rochoso através de chumbadores longos (de até 12 m de comprimento), de modo a prover oportuno controle de erosões regressivas da rocha.
  - A escavação prévia do trecho final da calha, com conformação verificada em modelo, com o intuito de reduzir o volume de material que se depositaria no leito do rio, a jusante do aproveitamento, em consequência das erosões.

#### 3.3.6.4 Cheia de outubro de 2001

Além das intervenções relatadas acima, na época julgou-se conveniente que fossem realizados testes de escoamento controlado (lâmina com pequena espessura) na calha do vertedouro, a fim de verificar a eficiência da limpeza e bate-choco realizados e detectar locais em processo de erosão iminente, de modo a permitir o tratamento dos mesmos ainda na fase final de enchimento do reservatório.

Porém, ainda durante a execução da escavação adicional do trecho final da calha, em outubro de 2001, após cerca de 34 dias do início do enchimento do reservatório, ocorreu uma cheia com vazões afluentes da ordem de 16.000 m<sup>3</sup>/s, ocasionando o rápido enchimento do reservatório e exigindo a abertura das comportas do vertedouro, para descarregar vazões também dessa ordem. Essas descargas provocaram erosões excessivas na calha e a jusante do vertedouro, causando a formação de barras no leito de rio a jusante do vertedouro e exigindo obras de intervenções na calha do vertedouro para a sua recuperação.

### 3.3.7 Dique 1

#### 3.3.7.1 Análise da condição como construído

O projeto do Dique 1 previu um maciço de terra zoneado, com o talude de montante contendo um núcleo construído com solo residual maduro argiloso na região central, adjacente ao filtro septo vertical, e com o espaldar de montante constituído de um solo residual jovem (solo saprolítico) – que pode apresentar até 25% de teor de pedregulhos.

O talude de jusante, por sua vez, foi constituído de um maciço de saprólito grosso

**Durante a execução da escavação adicional do trecho final da calha, em outubro de 2001, após cerca de 34 dias do início do enchimento do reservatório, ocorreu uma cheia com vazões afluentes da ordem de 16.000 m<sup>3</sup>/s, ocasionando o rápido enchimento do reservatório e exigindo a abertura das comportas do vertedouro, para descarregar essas vazões.**

(fragmentos de rocha), enquanto que o sistema de drenagem foi constituído por um filtro de areia vertical, seguido de um tapete drenante de areia no contato com a fundação, havendo uma transição de brita para o pedregulho do espaldar de jusante.

Devido a problemas construtivos, houve algum lançamento de solo saprolítico no núcleo, o que suscitou dúvidas quanto ao desempenho do dique, em particular do sistema de vedação/drenagem. Para verificação da condição do núcleo, a construtora executou um furo exploratório na seção de sua altura máxima, pelo qual foram realizados ensaios de permeabilidade *in situ* por infiltração. Na região inferior do núcleo, dois ensaios apresentaram coeficientes de permeabilidade na faixa de  $2 \times 10^{-4}$  cm/s, enquanto o valor adotado no dimensionamento foi de  $1,0 \times 10^{-5}$  cm/s. O valor médio de todos os ensaios foi de  $4,5 \times 10^{-5}$  cm/s. Sem considerar os dois valores maiores, a média é de  $8 \times 10^{-6}$  cm/s, inferior ao adotado no cálculo. Uma primeira análise mostrou que a ocorrência dessa zona menos impermeável no núcleo não seria prejudicial à obra, visto que:

- ♦ A vazão que percola pelo maciço compactado corresponde a apenas 15% da vazão total que escoar pelo tapete drenante (formado por areia e brita), sendo os outros 85% provenientes da percolação de água pela fundação.
- ♦ As condições de permeabilidade da fundação foram sobrestimadas a favor da segurança, considerando-se uma permeabilidade média conservadora e uma considerável espessura de rocha com permeabilidade igual à do solo de fundação.
- ♦ O valor médio do coeficiente de permeabilidade da areia do filtro, conforme obtido através de seis ensaios realizados no laboratório da obra, em amostras moldadas com condições equivalentes ao construído, é igual a  $2,7 \times 10^{-2}$  cm/s, superior portanto ao valor de  $5 \times 10^{-3}$  cm/s adotado no dimensionamento, o que representa uma capacidade de escoamento cinco vezes superior.
- ♦ As vazões obtidas no estudo de percolação d'água, como é usual, foram majoradas em dez vezes para o dimensionamento do tapete drenante. Para a vazão majorada e com os valores de permeabilidade, o fluxo se dá praticamente todo pela camada de areia, com apenas oito centímetros da camada de brita, estando sujeita à percolação de água. Existe boa folga para o conjunto formado por areia e brita, mesmo sem considerar uma maior permeabilidade para a areia, conforme descrito anteriormente.
- ♦ O talude de jusante é constituído de fragmentos de rocha (pedregulhos), material francamente drenante, que não desenvolverá pressões neutras significativas caso ocorra um fluxo maior que o previsto pelo maciço compactado.

Em face dessas considerações, concluiu-se que a condição de impermeabilização e de estabilidade do dique é adequada.

### 3.3.8 Dique 2

#### 3.3.8.1 Análises de estabilidade e estudos de percolação pela fundação e maciço

O Dique 2, para fechamento de sela topográfica da margem direita, foi concebido como uma barragem de terra homogênea com talude de montante inclinado de 1V : 2,5 H até a elevação 470 m e 1V : 2,0 H em elevações superiores, protegido contra o efeito de ondas no reservatório através de *rip-rap* com diâmetro médio de 0,45 m e espessura de três metros, sobre uma transição de brita corrida entre o solo e o enrocamento. A largura da crista é de nove metros e o talude de jusante apresenta inclinação de 1V : 2H, com bermas de três metros de largura, a cada dez metros.

O dimensionamento do dique foi baseado nos estudos de percolação d'água pelo maciço e fundação, além de análises de estabilidade de taludes. A permeabilidade do solo de fundação foi estimada com base nos ensaios de infiltração *in situ* realizados nos furos das sondagens a percussão, tendo sido adotada uma permeabilidade média de  $5 \times 10^{-4}$  cm/s.

A favor da segurança adotou-se que a permeabilidade do maciço rochoso junto ao contato entre solo e rocha também tivesse uma permeabilidade de  $5 \times 10^{-4}$  cm/s, de modo que o extrato permeável da fundação tivesse uma espessura da ordem da carga hidráulica do reservatório. A permeabilidade do solo compactado do espaldar de montante do dique foi adotada igual a  $5,0 \times 10^{-5}$  cm/s com base em ensaios de laboratório e na experiência acumulada na construção do Dique 1 da margem direita.

Os estudos contemplaram a condição de operação com o nível d'água máximo *maximorum* e uma situação de rebaixamento rápido do reservatório. Os cálculos foram realizados através do Método dos Elementos Finitos, utilizando o programa SE-EP, da Geoslope International.

Dos cálculos realizados, no dreno horizontal do sistema interno de drenagem foi obtida a vazão unitária de 2,5 l/min, tendo sido adotados para os dimensionamentos uma vazão dez vezes superior. As análises de estabilidade dos taludes foram desenvolvidas pelo Método de Spencer (Teoria do Equilíbrio Limite) através do programa Slope, da Geoslope International.

As envoltórias de resistência ao cisalhamento foram obtidas a partir de ensaios triaxiais em três amostras indeformadas da fundação e em amostras compactadas em laboratório, para os solos do aterro. As pressões neutras foram determinadas através do estudo de percolação acima mencionado e pelos coeficientes  $r_u$  ( $r_u = u/\sigma_v$ ) obtidos de ensaios PN, para o aterro, e com base em bibliografia, para a fundação. Na tabela 3.3 são apresentados os valores utilizados nos cálculos e na tabela 3.4, os valores do Fator de Segurança Mínimo obtidos para as diversas condições analisadas.



Os estudos contemplaram a condição de operação com o nível d'água máximo *maximorum* e uma situação de rebaixamento rápido do reservatório. Os cálculos foram realizados através do Método dos Elementos Finitos, utilizando o programa SEEP, da Geoslope International.

Tabela 3.3

### Parâmetros adotados nas análises de estabilidade

Material	Coesão (tf/m <sup>2</sup> )	Ângulo de atrito (grau)	Parâmetro de pressão neutra $r_u = u/\sigma_v$
Aterro de solo residual	1,0	33	0,20
Solo de fundação ( $\sigma_v < 40$ tf/m <sup>2</sup> )	1,5	35	0,50
Solo de fundação ( $\sigma_v > 40$ tf/m <sup>2</sup> )	20	12	0,50

Tabela 3.4

### Resultados das análises de estabilidade

Situação analisada	Talude	Fator de segurança mínimo	Fator de segurança critério de projeto
Final de construção	Montante	1,43	1,30
Final de construção	Jusante	1,38	1,30
Operação	Jusante	1,60	1,50
Rebaixamento rápido	Montante	1,69	1,10





CAPÍTULO

4

CONSTRUÇÃO

## 4.1 Gerenciamento da construção

### 4.1.1 Empresas envolvidas

A Machadinho Energética S/A (MAESA), empresa de propósito específico constituída pelas empresas integrantes do Grupo de Empresas Associadas Machadinho (GEAM), e a Tractebel Energia S/A, sucessora das Centrais Geradoras do Sul do Brasil S/A (Gerasul), que foi sucessora da Centrais Elétricas do Sul do Brasil S/A (Eletrusul), são titulares de direito de uso compartilhado de concessão para implantação e exploração da UHE Machadinho.

A MAESA, responsável pela contratação do fornecimento de bens e serviços necessários à realização do empreendimento, pela obtenção do financiamento e pelo oferecimento de garantias para a concessão, foi originalmente constituída pelas seguintes empresas:

- ♦ Alcoa Alumínio S/A (Alcoa).
- ♦ Camargo Corrêa Industrial S/A (CCC).
- ♦ Centrais Elétricas de Santa Catarina S/A (Celesc).
- ♦ Companhia Brasileira de Alumínio (CBA).
- ♦ Companhia de Cimento Portland Rio Branco.
- ♦ Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE).
- ♦ Companhia Paranaense de Energia (Copel).
- ♦ Departamento Municipal de Eletricidade (DME – autarquia da Prefeitura Municipal de Poços de Caldas – MG).
- ♦ Inepar S/A Indústrias e Construções.
- ♦ S/A Indústrias Votorantim.
- ♦ Valesul Alumínio S/A.

Em abril de 2007, a MAESA apresentava a composição conforme informa a Tabela 4.1, a seguir.

Tabela 4.1

### Participação das empresas acionistas no Consórcio Machadinho e na MAESA – Abril 2007

Empresas acionistas	Composição do Consórcio (%)	Participação na MAESA (%)
Alcoa	26,4908	31,8936
CCC	4,6347	5,5799
VCB	5,7807	6,9597
CBA	28,3227	34,0990
CEEE-GT	5,6908	6,8514
DME	2,8120	3,3855
Tractebel	16,9400	0,000
Valesul	8,5336	10,2740
Total	100,0000	100,0000

O fornecimento global de bens e serviços para construção da UHE Machadinho, realizado sob regime de empreitada *turn key*, foi feito pela União de Empresas Fornecedoras de Machadinho (UNEMAC), consórcio formado pelas seguintes empresas:

- ♦ Ansaldo Coemsa S/A (Coemsa).
- ♦ Asea Brown Boveri Ltda. (ABB).
- ♦ Bardella S/A Indústrias Mecânicas (Bardella).
- ♦ CNEC Engenharia S/A.
- ♦ Construções e Comércio Camargo Corrêa S/A (CCCC).
- ♦ Mecânica Pesada S/A (MEP).
- ♦ Siemens Ltda. (Siemens).
- ♦ Voith S/A Máquinas e Equipamentos (Voith).

## 4.1.2 Organização técnico-administrativa

### 4.1.2.1 Gerenciamento global

O gerenciamento e a administração do empreendimento foi efetuado pela MAESA, que teve a responsabilidade de dirigir toda a sistemática de decisões, planejamento, supervisão, controle e gestões contratuais. A MAESA contratou a Andrade & Canellas Consultoria e Engenharia Ltda. que, em parceria com a Chroma Engenharia Ltda., participaram direta e ativamente de todas as fases do empreendimento, desde a licitação até a fase operacional da Usina.

### 4.1.2.2 Controle de qualidade

Todas as atividades relativas ao controle de qualidade do empreendimento foram de responsabilidade da Tractebel Energia.

### 4.1.2.3 Construção e montagem

A construção das obras civis da Usina e a montagem dos equipamentos eletromecânicos foram de responsabilidade da empresa Construções e Comércio Camargo Corrêa S/A.

### 4.1.2.4 Projeto executivo e assessoria técnica

O projeto executivo e assessoria técnica às obras, bem como a execução dos desenhos *as built* foram de responsabilidade da empresa CNEC Engenharia S/A.

### 4.1.2.5 Fornecimento dos equipamentos eletromecânicos

Os equipamentos eletromecânicos foram fornecidos pelas empresas ABB, Siemens, Bardella, Coemsa, MEP e Voith.

O gerenciamento e a administração do empreendimento foi efetuado pela MAESA, que teve a responsabilidade de dirigir toda a sistemática de decisões, planejamento, supervisão, controle e gestões contratuais. A MAESA contratou a Andrade & Canellas Consultoria e Engenharia Ltda. que, em parceria com a Chroma Engenharia Ltda., participaram direta e ativamente de todas as fases do empreendimento, desde a licitação até a fase operacional da Usina.

#### 4.1.2.6 Fornecimento dos equipamentos da subestação

O fornecimento dos equipamentos da subestação blindada (GIS) em SF<sub>6</sub> e dos equipamentos convencionais de saída da linha de transmissão em 500 kV, bem como a supervisão de montagem e a supervisão do comissionamento foram realizadas pela Siemens.

#### 4.1.3 Sistema viário e acessos à área de construção

A malha viária interna foi concebida para atender, com mínimas alterações, às diversas fases de construção. O acesso à obra foi possível tanto através da rodovia SC-303, pelo estado de Santa Catarina, quanto pela cidade de Maximiliano de Almeida, pelo estado do Rio Grande do Sul, via RS-135. Os principais acessos foram caracterizados em nove trechos, abaixo descritos:

- ♦ Trecho 1 – Portaria/vertedouro.
- ♦ Trecho 2 – Ponte rodoviária/vertedouro.
- ♦ Trecho 3 – Muro-guia/tomada d'água.
- ♦ Trecho 4 – Barragem principal.
- ♦ Trecho 5 – Barragem/Dique 1.
- ♦ Trecho 6 – Acesso à casa de força.
- ♦ Trecho 7 – Acesso à estação repetidora.
- ♦ Trecho 8 – Dique 2.
- ♦ Trecho 9 – Casa de força/edifício de controle.

#### 4.1.4 Suprimento de energia à construção

O fornecimento de energia elétrica durante a construção foi de responsabilidade da MAESA. O gerenciamento do consumo foi de responsabilidade da empresa Construções e Comércio Camargo Corrêa S/A, sendo que a demanda média de energia elétrica foi de 5.500 kW e o consumo médio de 1.650 kW, com pico de 1.742,77 kW, registrado em agosto de 2000.

#### 4.1.5 Logística de suprimento dos principais materiais

O acesso à obra utilizado para o suprimento de materiais e equipamentos foi o rodoviário, que exigiu melhorias em seu traçado e no pavimento em um trecho de 18 km de extensão, desde Piratuba (SC) e, em outro trecho, de 17,3 km, desde Maximiliano de Almeida (RS). Nesse último trecho foi construído um desvio que aumentou o percurso em cinco quilômetros. O fornecimento dos principais materiais de construção, como aço e cimento pozolânico, foi de responsabilidade da MAESA.

### 4.1.6 Período de maior concentração de trabalhadores

O pico de pessoal ocorreu em outubro de 2000, quando o empreendimento envolveu 2.567 trabalhadores.

### 4.1.7 Duração da obra

As obras tiveram início em 2 de março de 1998, com a mobilização do canteiro, e foram concluídas em 31 de agosto de 2002, com o término da desmobilização do canteiro. Em 26 de outubro de 1999 ocorreu o desvio do rio, com o escoamento das águas pelos túneis. Em 28 de agosto de 2001, foi realizado o fechamento final do rio.

O início da geração comercial ocorreu nas seguintes datas:

- ♦ Unidade 1: 16 de fevereiro de 2002.
- ♦ Unidade 2: 30 de abril de 2002.
- ♦ Unidade 3: 12 de julho de 2002.

As obras começaram em 2 de março de 1998, com a mobilização do canteiro, e foram concluídas em 31 de agosto de 2002, com o término da desmobilização.

## 4.2 Implantação do canteiro e dos sistemas habitacionais

### 4.2.1 Canteiro

O canteiro de obras foi projetado para atender aos requisitos do programa de construção para geração em 2002.

#### 4.2.1.1 Alojamento e transporte de pessoal

Apenas parte do pessoal empregado na obra foi mantida nos alojamentos, que tinham capacidade para 1.560 pessoas. A outra parte foi contratada em cidades vizinhas e mantida residente nesses locais. Para esse pessoal foi fornecido transporte coletivo diário, com o emprego de ônibus. A maioria do pessoal mobilizado na fase de pico das obras foi recrutada em Santa Catarina. O transporte coletivo diário foi fornecido para 1.848 pessoas, das quais 1.618 residentes em Santa Catarina, nas cidades de Concórdia, Peritiba, Ipira, Piratuba, Capinzal e Ouro. Os demais residiam nas cidades de Marcelino Ramos, Paim Filho, Maximiliano de Almeida e Machadinho, no Rio Grande do Sul. Em agosto de 2000 ocorreu o pico de pessoal alojado, com 1.510 pessoas.

#### 4.2.1.2 Acampamento

##### 4.2.1.2.1 Arranjo Geral

O acampamento contava com as seguintes instalações:



- ♦ Alojamentos Nível A.
- ♦ Alojamentos Nível B.
- ♦ Casa de hóspedes.
- ♦ Cozinha-refeitório.
- ♦ Ambulatório e enfermaria.
- ♦ Centro comunitário.
- ♦ Terminal rodoviário.
- ♦ Portaria.

#### 4.2.1.2.2 Definição das necessidades

As habitações coletivas utilizadas no acampamento foram divididas de acordo com os níveis socioprofissionais dos usuários, conforme descrito abaixo:

- ♦ Nível A: alojamentos com 20 quartos, quatro vagas por quarto e instalações sanitárias coletivas.
- ♦ Nível B: alojamento com 20 quartos, duas vagas por quarto e uma instalação sanitária para cada dois quartos.
- ♦ Nível C: casa de hóspedes com dez apartamentos, tipo suíte, com duas vagas por suíte.

A partir das definições acima, foram adequadas as seguintes quantidades por tipo de alojamentos:

Tipo de alojamento	Vagas para alojamento	Quantidade de alojamentos	Quantidade de pessoal alojado
Nível A	80	17	1.360
Nível B	40	5	200

#### 4.2.1.2.3 Alojamentos

##### a. Alojamento Nível A

Foram previstos dezessete alojamentos para abrigar os funcionários de Nível A. Cada alojamento contava com 20 quartos coletivos – com acomodação para quatro pessoas cada –, com beliches e armários, instalações sanitárias, pias, mictórios e chuveiros. Cada alojamento tinha área de 317,62 m<sup>2</sup>.

##### b. Alojamento Nível B

Foram construídos cinco alojamentos para funcionários de Nível B. Cada alojamento, com área de 378,73 m<sup>2</sup>, continha 20 quartos – que acomodavam duas pessoas cada – com camas e armários. Cada dois quartos foram atendidos por um boxe com vaso sanitário e um boxe com chuveiro e lavatório. Cada alojamento contou com uma área de estar.

### c. Casa de hóspedes

Para os funcionários de Nível C da empresa e da fiscalização, em trânsito ou curta permanência, foram previstas acomodações da Casa de hóspedes. Cada edificação continha dez apartamentos, com acomodação para duas pessoas e uma área de estar.

Numa edificação ao lado, interligada à primeira por uma passarela coberta, foram localizadas as áreas de serviços como cozinha, refeitório e sala de jogos, dimensionadas para atender todo o pessoal de nível C, além de sanitários feminino e masculino.

#### 4.2.1.2.4 Quadra poliesportiva

Para a prática de esportes, foram construídos uma quadra poliesportiva e um campo de futebol suíço.

#### 4.2.1.2.5 Vestiário e sanitário de esportes

Para apoio às atividades esportivas foi instalado um vestiário de 30 m<sup>2</sup> de área, que incluía sanitário.

#### 4.2.1.2.6 Ambulatório médico e enfermaria

Construída em painéis pré-fabricados de madeira, essa edificação tinha área de 167 m<sup>2</sup>, distribuídos nas seguintes dependências: depósito, consultório odontológico, consultório médico, sala de repouso, abrigo da ambulância, sala de curativos, sala de observação, sala de espera, expediente administrativo e sanitários.

#### 4.2.1.2.7 Lavanderia

Com área de 152,46 m<sup>2</sup>, essa edificação foi construída com pré-fabricados de madeira.

### 4.2.1.3 Sistema de ar comprimido

Para evitar tubulações longas e em locais acidentados, como ocorre nas proximidades das estruturas definitivas, foram instaladas as seguintes centrais de ar comprimido para atender às necessidades da obra.

- ♦ Central I: localizada próxima ao emboque de montante dos túneis de desvio 1 e 2, contou inicialmente com um compressor com capacidade de 600 PCM, que foi transferido para a Central II, e em seu lugar foi instalado um compressor de 870 PCM.
- ♦ Central II: foi instalada a jusante dos túneis de desvio 3 e 4, com um compressor de capacidade de cerca de 600 PCM.
- ♦ Central IV: localizada a montante da tomada d'água, foi utilizada inicialmente para fornecer ar para as frentes de escavação dos condutos forçados. Nessa etapa, abrigou um compressor de 870 PCM. Numa segunda etapa, produziu ar para os serviços de concretagem dos condutos forçados e da

tomada d'água. Abrigou dois compressores de 870 PCM cada. Posteriormente essa central forneceu ar para as obras do vertedouro e da barragem. No período de maior demanda por ar, abrigou quatro compressores de 870 PCM.

- ♦ Central V: localizada nas proximidades da casa de força, atendeu às frentes de concretagem da própria casa de força e da área de montagem, utilizando quatro compressores de 870 PCM.
- ♦ Central VI: foi implantada no canteiro e supriu todo o consumo do local, inclusive o canteiro de montagem eletromecânica, abrigando quatro compressores de 870 PCM.

As centrais I, IV e V forneceram ar comprimido para os serviços de montagem eletromecânica. As redes de distribuição foram construídas em tubulação de aço carbono soldado ou do tipo alvenius. A central III foi desativada.

#### 4.2.1.4 Sistema de água industrial

A água foi obtida no rio Pelotas, por meio de uma estação de captação instalada em flutuantes. A água do rio foi bombeada para um reservatório com capacidade de 1.000 m<sup>3</sup>, localizado nas proximidades da central de britagem.

##### 4.2.1.4.1 Previsão de consumo

Na previsão de consumo, foram consideradas as seguintes utilizações:

Instalação de britagem .....	133 m <sup>3</sup> /h
Lavador de caçamba .....	20 m <sup>3</sup> /h
Estação de filtragem .....	59,50 m <sup>3</sup> /h
Total .....	212,50 m <sup>3</sup> /h

No sistema foram utilizadas três bombas efetivas e uma reserva, com as seguintes características:

Tipo .....	centrífuga
Vazão .....	71 m <sup>3</sup> /h
Altura manométrica .....	85 mca
Potência .....	30 HP

As tubulações foram construídas com tubos de aço preto ASTM - A-120, com acoplamento tipo alvenius ou similar.

#### 4.2.1.4.2 Água tratada

A água consumida na fabricação e cura do concreto, bem como a consumida nas instalações do canteiro, foi tratada em uma estação de filtragem, constituída por dois filtros rápidos, do tipo metálico vertical, com capacidade de 35 m<sup>3</sup>/h cada um.

A estação de filtragem foi complementada por bombas de alimentação, de lavagem dos filtros e de recalque de água filtrada, além de dois reservatórios com capacidade de 500 m<sup>3</sup> cada.

As bombas apresentavam as características descritas abaixo:

Descrição	Alimentação	Lavagem	Abastecimento do canteiro	Abastecimento das estruturas
Vazão (m <sup>3</sup> /h)	70	90	35	50
Altura manométrica (mca)	27	27	40	95
Potência	10	15	10	30

Em cada uma das quatro estações de bombeamento foram instaladas duas bombas, das quais uma tinha função de reserva.

As redes principais de distribuição foram construídas com tubo de aço preto ASTM - A-120 ou similar e utilizados registros gaveta ou globo, de classe compatível com a pressão existente na rede.

#### 4.2.1.4.3 Sistema de água potável

A água potável para consumo da população residente e não-residente foi obtida de poços profundos, perfurados na região próxima do acampamento, atingindo um consumo total de aproximadamente 36 m<sup>3</sup>/h. Antes de ser armazenada e distribuída, a água passou por uma estação de tratamento constituída por um sistema de dosagem e inspeção de cloro.

Do reservatório a água potável foi distribuída por gravidade para o acampamento e para o canteiro. A rede de distribuição foi constituída por tubos de aço galvanizado e tubos de PVC rígido soldável. As frentes de serviço das estruturas definitivas foram abastecidas por caminhão-pipa.

#### 4.2.1.5 Sistema de esgoto sanitário

Os efluentes das instalações sanitárias foram transportados por redes executadas em tubos de PVC rígido e encaminhados para estações de tratamento. Os sanitários de campo localizados nas proximidades das estruturas definitivas foram do tipo químico de utilização de fossas sépticas. O dimensionamento dos diâmetros das tubulações foi feito com base nos projetos das instalações sanitárias atendidas e em função da estimativa do nível de sua utilização diária. Foram adotadas as declividades mínimas recomendadas para cada diâmetro, como condição para segurança contra obstruções por deposição de material.

As tubulações foram instaladas em valas com profundidade mínima de 60 cm,

**A água potável para consumo da população residente e não-residente foi obtida de poços profundos, perfurados na região próxima do acampamento, atingindo um consumo total de aproximadamente 36 m<sup>3</sup>/h.**

convenientemente reaterradas. Sob as travessias de pistas sujeitas a tráfego de veículos e equipamentos, os tubos foram encamisados com concreto. As caixas de passagem foram executadas com paredes de alvenaria e tampas de concreto armado. Foram dispostas em todos os pontos de interligação e de mudança de direção das tubulações, assim como em pontos que mantiveram os trechos dentro do limite de comprimento máximo necessário para manutenção das redes.

#### **4.2.1.6 Sistema de drenagem pluvial**

O sistema de drenagem do canteiro de obras foi composto por coletores superficiais e redes subterrâneas, dimensionados para atender ao máximo índice pluviométrico previsto para o prazo de recorrência compatível com o período de utilização do canteiro.

Os coletores superficiais foram do tipo canaleta de concreto meia-cana, retangulares e do tipo semi, com secções transversais e declividades determinadas pela estimativa de vazões em cada trecho.

As tubulações enterradas foram executadas com tubos de concreto armado classe CA-2, com extremidades tipo ponta-e-bolsa. Os tubos foram assentados sobre berços de areia, em valas reaterradas com solo local, suficientemente compactado para evitar a possibilidade de recalques. As caixas de passagens e coletores foram construídas em alvenarias reforçadas, cobertas com tampas de concreto armado.

#### **4.2.1.7 Recolhimento de lixo**

O lixo era recolhido duas vezes ao dia e encaminhado à usina de reciclagem de lixo, onde era submetido ao devido tratamento.

#### **4.2.1.8 Suprimento e distribuição de energia elétrica**

A energia foi fornecida pela CEEE até a subestação do canteiro de obras. A partir dessa subestação foram construídas redes de energia na tensão de 13,8 kV para suprimento dos diversos pontos do canteiro. A demanda média de energia elétrica registrada foi de 5.500 kW e o consumo médio de 1.650 kW, com pico de 1.742,77 kW, atingido em agosto de 2000.

#### **4.2.1.9 Proteção contra incêndio**

As providências necessárias para evitar acidentes no canteiro de obras, em especial quanto à ocorrência de incêndios, constituíram premissa significativa no planejamento e projeto das instalações, em face do risco que esse tipo de acidente acarretaria à integridade dos funcionários e ao andamento dos serviços.

Por esse motivo, o canteiro foi dotado de um sistema de proteção contra incêndio, composto pelos seguintes elementos:

- ♦ Redes de hidrantes de coluna, dispostas nas proximidades das edificações do

**A demanda média de energia elétrica foi de 5.500 kW e o consumo médio de 1.650 kW, com pico de 1.742,77 kW, atingido em agosto de 2000.**

acampamento. Ligadas aos reservatórios principais por meio de tubulações de aço-carbono, as redes reuniam características suficientes para garantir pressão e vazão mínimas nos bocais dos hidrantes. Ao lado dos hidrantes foram instaladas caixas para mangueiras e acessórios.

- ♦ Extintores portáteis padronizados segundo as normas correspondentes da ABNT. Nos escritórios, refeitórios e demais construções de madeira foram utilizados extintores de espuma e água pressurizada.

Nas instalações industriais e oficina de manutenção foram instalados extintores de pó químico seco e gás carbônico. Todos os hidrantes e extintores foram localizados e demarcados segundo os padrões das normas técnicas e sua manutenção preventiva seguiu rigorosamente os procedimentos e a periodicidade recomendados.

#### **4.2.1.10 Edificações técnico-administrativas**

##### **4.2.1.10.1 Escritório técnico-administrativo da construtora**

O projeto elaborado baseou-se em padrões e experiências anteriores em obras de porte similar. Abrigou basicamente as áreas administrativas e técnicas. A edificação tinha área construída de 672,98 m<sup>2</sup>, do tipo pré-fabricado de madeira, cobertura em fibrocimento, forro em painéis termoisolantes e piso de cimento queimado.

##### **4.2.1.10.2 Escritório gerencial da construtora**

A edificação com área de 302,50 m<sup>2</sup>, do tipo pré-fabricado de madeira, abrigou toda a gerência de construção da obra.

##### **4.2.1.10.3 Escritório da fiscalização**

A edificação com área de 430 m<sup>2</sup>, do tipo pré-fabricado de madeira, abrigou o pessoal da MAESA ou seus prepostos e da projetista.

##### **4.2.1.10.4 Recrutamento e seleção**

O setor de recrutamento e seleção ocupou uma edificação constituída de painéis de madeira pré-fabricados, com área de 72 m<sup>2</sup>.

##### **4.2.1.10.5 Segurança do trabalho e treinamento**

Essa edificação do tipo pré-fabricado de madeira tinha área de 74,30 m<sup>2</sup>, abrigando as dependências da segurança de trabalho e área para treinamento e desenvolvimento de pessoal.

#### **4.2.1.10.6 Escritórios dos pátios industriais**

A edificação com área de 221 m<sup>2</sup>, do tipo pré-fabricado de madeira, abrigou o suporte técnico-administrativo dos setores de carpintaria, armação e pré-moldados. Contou ainda com uma sala de reunião para os encarregados.

#### **4.2.1.10.7 Escritório de transportes**

Uma edificação de 34,70 m<sup>2</sup> do tipo pré-fabricado de madeira foi destinada para a supervisão da área de transportes, contando ainda com sala para encarregado, motoristas e sanitário.

#### **4.2.1.10.8 Balança rodoviária**

O controle de pesagem de todos os materiais recebidos no canteiro foi feito numa balança do tipo rodoviária, com capacidade de até 50 t.

#### **4.2.1.10.9 Portaria**

Foi instalada portaria para controlar a movimentação de veículos coletivos, individuais e pedestres. Essa portaria foi construída em painéis modulados de madeira, cobertura em telhas de fibrocimento e piso de cimento queimado. Ocupou área de 4,80 m<sup>2</sup> e conteve sala de guarda e sanitário.

### **4.2.1.11 Suprimento e distribuição de energia elétrica**

#### **4.2.1.11.1 Energia elétrica e iluminação**

##### **a. Energia elétrica**

A energia elétrica necessária para a execução dos trabalhos foi fornecida pela subestação abaixadora da CEEE localizada na margem esquerda do rio Pelotas. A partir dessa subestação provisória saíram quatro circuitos, na tensão de 13,8 kV, sendo três para a margem direita e uma para a margem esquerda.

Dos três circuitos que cruzaram o rio, um alimentou o acampamento, outro alimentou o canteiro e o último alimentou os serviços de construção e montagem das estruturas definitivas. A distribuição de energia internamente aos canteiros foi feita em baixa tensão, por meio de transformadores devidamente posicionados em relação às cargas. Para as instalações industriais foram utilizadas as tensões de 380/220 V trifásico. Para as instalações administrativas de escritórios, as tensões foram de 220/127 V. Todos os transformadores dos canteiros e frentes de serviços foram fornecidos e instalados pela proponente dentro das normas técnicas vigentes.

##### **b. Geradores de emergência**

A geração de energia elétrica de emergência foi feita por grupos geradores mo-

vidos a diesel, instalados próximos aos pontos de consumo em baixa tensão. Os geradores tinham potência compatível com as cargas consideradas essenciais – iluminação e bombeamento nos túneis, refeitório, ambulatório médico, drenagens de poços e galerias.

Nesses pontos as cargas foram conectadas às chaves comutadoras de forma que a transferência de rede para o gerador passou a ser efetuada com rapidez e segurança. Foram instalados três grupos geradores de 60 kVA e um grupo de 220 kVA.

#### **4.2.1.11.2 Rede elétrica**

Todos os condutos elétricos foram especificados para tensão de 1.000 V. Todas as emendas e derivações dos condutores foram executadas de maneira a assegurar resistência mecânica adequada e contato elétrico perfeito. Os isolamentos de emendas e derivações têm as mesmas características dos isolamentos dos cabos. Os fios e cabos foram instalados de várias formas, em:

- ♦ Canaletas de alvenaria, onde a concentração de cabos foi muito grande.
- ♦ Eletrodutos aparentes, nas instalações sujeitas à ação mecânica.
- ♦ Forma de cabo múltiplo, preso a braçadeiras em locais não sujeitos à ação mecânica.
- ♦ Forma de cabo flexível nas frentes de serviços onde foi impossível uma proteção mecânica adequada.

Evitou-se a aplicação de cabos diretamente ao solo no local da obra. Entretanto, para as ferramentas elétricas, portáteis e projetores móveis, foram utilizados condutores flexíveis multipolos, com um dos condutores para ligação das respectivas carcaças conectado à rede de aterramento. A ligação desses equipamentos foi feita partindo de quadros de distribuição de força contendo tomadas externas e com proteção contra correntes de fuga para massa.

#### **4.2.1.11.3 Iluminação**

##### **a. Iluminação geral**

Nas áreas de trabalho onde foram previstas movimentações de máquinas, veículos e pessoal, o nível de iluminação foi em torno de dez lux. Essa iluminação foi proporcionada por luminárias com lâmpadas em pontos elevados.

##### **b. Iluminação localizada**

Nas concretagens, formas, armação e todos os lugares em que foi necessária iluminação localizada com um nível maior que dez lux foram utilizados projetores de alumínio repuxado e com vidro de proteção. Esses projetores eram compostos por lâmpadas mistas de 250 W ou 500 W. A ligação foi feita com cabo tripolar, sendo



**A central de britagem produziu cerca de 900.000 m<sup>3</sup> de agregados, incluída a areia artificial.**

um dos condutores para ligação terra, entre a estrutura de alumínio e a rede de aterramento. A montagem desses projetores foi realizada em tripé tubular ou suportes para fixação nas formas ou armação.

#### **4.2.1.12 Sistema de comunicação**

##### **4.2.1.12.1 Telefonia**

O sistema telefônico utilizado foi um PABX com dez troncos e 50 ramais.

##### **4.2.1.12.2 Radiocomunicação**

A comunicação entre as frentes de serviço e a Supervisão da Obra foi feita por meio de uma rede de radiocomunicação em VHF. Esse sistema operou na faixa de 136 MHz a 174 MHz. Foram utilizadas as seguintes unidades:

- ♦ Quatro estações fixas de 45 W instaladas no Escritório Central, na Oficina de Manutenção e nas Centrais de Concreto.
- ♦ Dezoito rádios veiculares, de 45 W, instalados nos veículos dos Supervisores de Produção e Manutenção e da Chefia da Obra.
- ♦ Quarenta e dois rádios portáteis de cinco watts, utilizados nas frentes de serviço e de topografia.

##### **4.2.1.13 Central de britagem**

A central de britagem foi instalada à direita do vertedouro. Foram produzidos cerca de 900.000 m<sup>3</sup> de agregados, incluída a areia artificial.

A central de britagem utilizada foi uma móvel Telesmith composta por:

- ♦ 1 britador 1º estágio com capacidade 260 t/h (30x55).
- ♦ 1 britador 2º tipo hidrocome (44 s).
- ♦ 1 britador 3º tipo rotor (VSI).
- ♦ 3 britadores 4º estágio tipo BARMAC.

##### **4.2.1.14 Centrais de concreto**

As duas centrais de concreto foram instaladas em três locais diferentes: uma próxima ao emboque dos túneis de desvio inferiores (T1 e T2), outra próxima ao vertedouro, no canal de aproximação, e a terceira próxima à casa de força. A produção total de concreto foi da ordem de 510.000 m<sup>3</sup>. As centrais de concreto utilizadas foram do tipo Betomac 105, com capacidade de produção de 105 m<sup>3</sup>/h, e duas dosadoras com 20 m<sup>3</sup>/h.

#### 4.2.1.15 Bombeamento de concreto

Onde era impossível a adoção de método convencional de concretagem ou de maior viabilidade econômica, utilizou-se bomba a diesel ou elétrica para o lançamento.

#### 4.2.1.16 Pátio de armação

O beneficiamento da armação foi centralizado no pátio de armação. As operações de beneficiamento desde a estocagem das barras de aço brutas até o produto final beneficiado foram executadas numa seqüência que garantiu a produtividade e a qualidade. O cronograma de execução das estruturas indicou que o período maior de demanda se deu entre outubro de 2000 e março de 2001, com média mensal de 1.195 t/mês. As instalações foram dimensionadas para uma produção de 1.800 t/mês de aço beneficiado. Os principais equipamentos e instalações foram:

- ♦ 1 ponte rolante, com vão de 13 m e capacidade de carga de dez toneladas.
- ♦ 1 galpão em estrutura metálica com área de 750 m<sup>2</sup> coberto com telhas de alumínio e tendo piso em concreto desempenado.
- ♦ 1 mesa móvel com roletes.
- ♦ 2 mesas fixas com roletes.
- ♦ 3 máquinas de corte Sogemat HD.
- ♦ 3 máquinas de dobrar Neocoud HD.
- ♦ 1 máquina de dobrar Neocoud CA 50.
- ♦ 1 máquina de solda Topo Schlater.
- ♦ 1 conjunto de mesas fixas.
- ♦ 1 conjunto de mesas auxiliares.
- ♦ 1 conjunto de mesas de transporte.

O pátio foi atendido por um pórtico móvel Woebcke, com vão de 26 metros e capacidade de dez toneladas.

#### 4.2.1.17 Pátio de carpintaria

Para suprir as necessidades de fabricação e recuperação de formas, foi implantado um pátio de carpintaria, equipado para atender a todas as necessidades – exceto recuperação de formas metálicas, que ficou a cargo da oficina de manutenção industrial. Com a utilização de processos industriais em todas as atividades desenvolvidas no pátio, obteve-se nível adequado de produtividade dos equipamentos e pessoal envolvidos na produção de formas, além de assegurada a qualidade de fabricação, obedecendo os limites de tolerância dimensionais das peças.

O histograma de colocação de formas indicou que o período de maior utilização aconteceu de outubro de 2000 a março de 2001, com média mensal de 15.578 m<sup>2</sup>.

**Entre outubro de 2000 e março de 2001, a produção de formas teve uma média mensal de 15.578 m<sup>2</sup>.**

Considerando o uso intensivo de formas industrializadas, a carpintaria foi dimensionada para produzir em média 5.000 m<sup>2</sup> por mês de formas de madeira.

Os principais equipamentos e instalações previstos foram:

- ♦ 1 galpão em estrutura metálica, com área de 288 m<sup>2</sup>, coberto com telha de alumínio, piso em concreto desempenado.
- ♦ 1 desempenadeira.
- ♦ 1 serra circular basculante.
- ♦ 1 desgrossadeira.
- ♦ 1 serra pendular.
- ♦ 1 serra de fita.
- ♦ 1 furadeira de bancada.
- ♦ 1 tupia moldureira.
- ♦ 1 prancheta.

O pátio foi atendido por um pórtico móvel Woebcke, com vão de 26 m e capacidade de dez toneladas.

#### 4.2.1.18 Pátio de pré-moldados

Um binário paralelo pelo qual foram movimentados dois pórticos móveis, de fabricação Woebcke, cada um com capacidade de 20 t e vão de 26 m, definiram a área de fabricação e estocagem das peças. Os pórticos movimentaram as formas, armaduras, caçambas de concretagem e peças acabadas.

#### 4.2.1.19 Oficina de manutenção e almoxarifado

A oficina de manutenção foi construída em estrutura metálica, com 1.906,60 m<sup>2</sup>, dispondo de 24 boxes. Contou, ainda, com um pátio externo cercado por piso estabilizado, para permitir a locomoção de máquinas pesadas e a execução de serviços que seriam feitos ao mesmo tempo. Foi projetada com base no quadro de permanência e de utilização de equipamentos. Foram também considerados os padrões estabelecidos para os diversos tipos de equipamentos, com a finalidade de atender os serviços de manutenção preventiva e corretiva no período em que foi registrado o maior número de equipamentos em operação simultânea.

Os boxes, num total de 24, foram distribuídos na seguinte proporção:

Máquinas pesadas .....	10 boxes
Veículos e caminhões .....	4 boxes
Equipamentos diversos e apoio .....	3 boxes
Hidráulica e pneumática .....	1 box
Máquinas operatrizes .....	1 box
Eletricidade e borracharia .....	1 box

Ferramentaria e lavador de peças .....	1 box
Serviços de solda, funilaria e pintura .....	3 boxes

A oficina foi equipada com as seguintes máquinas:

- ♦ 2 pontes rolantes de cinco toneladas.
- ♦ 1 torno mecânico com 1.500 mm de barramento.
- ♦ 1 torno mecânico com 2.000 mm de barramento.
- ♦ 1 furadeira de coluna, capacidade 25 mm.
- ♦ 1 furadeira radial, capacidade 50 mm.
- ♦ 1 plaina limadora.
- ♦ 1 esmeril de coluna.
- ♦ 1 serra eletromecânica.
- ♦ 1 teste elétrico Wapsa.
- ♦ 2 máquinas de solda elétrica 375 A.
- ♦ 1 máquina de solda diesel 375 A.
- ♦ 1 máquina de desmontar pneus.

Além das máquinas da oficina propriamente dita, os serviços de manutenção contaram com os seguintes equipamentos:

- ♦ Dois caminhões-oficina equipados com guincho Munck para cinco toneladas e máquinas de solda a diesel.
- ♦ Quatro comboios de abastecimento e quatro de lubrificação.

Na fase inicial de serviços, a manutenção contou com o apoio de quatro carretas-oficina, dispondo de instalações de escritório e almoxarifado. Foi equipada com torno mecânico, furadeira de coluna, esmeril, máquina de solda, equipamento oxiacetileno, ferramental adequado para os serviços e grupo gerador. A oficina de manutenção contou ainda com instalações para ferramentaria, vestiários e sanitários, com área total de 76,40 m<sup>2</sup>.

Os serviços de lavagem e lubrificação dos equipamentos foram efetuados no pátio da oficina, para os quais foram implantadas as estruturas descritas a seguir:

- ♦ Um galpão em estrutura metálica, com 152,90 m<sup>2</sup> de área, para depósito de tambores de óleo lubrificante, laboratório para análise de óleo e depósito de filtros.
- ♦ Uma valeta para lubrificação de equipamentos e duas rampas para lavagem de equipamentos.

A edificação do almoxarifado foi contígua à oficina de manutenção, com as mesmas

características construtivas, sendo, porém fechada com paredes de alvenaria, ocupando área de 400,20 m<sup>2</sup>. Os escritórios e sanitários em mezanino, com área de 76,40 m<sup>2</sup>, deram suporte administrativo aos serviços de manutenção e do almoxarifado.

#### **4.2.1.20 Oficina de manutenção industrial**

A oficina de manutenção industrial foi utilizada para atender o conjunto de instalações industriais e também para reparo de formas industrializadas. A oficina de 458,60 m<sup>2</sup> foi construída em estrutura metálica e cobertura de telhas de alumínio ondulado. Numa das extremidades teve área de 229,30 m<sup>2</sup>, coberta pela ponte rolante, para estocagem de chapas e perfis. Na extremidade oposta foi reservada área para carga e descarga, também atendida pela ponte rolante. Foi prevista a utilização dos seguintes equipamentos:

- ♦ 1 ponte rolante de cinco toneladas.
- ♦ 1 serra eletromecânica.
- ♦ 1 plaina limadora.
- ♦ 1 prensa hidráulica, capacidade 100 t.
- ♦ 1 furadeira de coluna.
- ♦ 1 furadeira radial.
- ♦ 1 esmeril de coluna.
- ♦ 1 torno mecânico de 1.500 mm de barramento.
- ♦ 1 rosqueadeira.
- ♦ 1 forja.
- ♦ 1 bigorna.
- ♦ 1 quadro máquina de solda elétrica 375 A.
- ♦ 1 máquina de solda elétrica 750 A.
- ♦ 1 guincho sobre pneus, com capacidade para 20 t.

O escritório de apoio, com área de 102 m<sup>2</sup>, foi construído ao lado da oficina e continha as seguintes dependências: escritório do encarregado, expediente técnico, ferramentaria e sanitário.

#### **4.2.1.21 Posto de abastecimento de combustíveis**

Para atendimento aos equipamentos e veículos envolvidos nos serviços de construção, foi necessária a instalação de um posto para abastecimento de combustíveis. Os equipamentos de difícil locomoção foram atendidos por comboios, que se deslocavam até seus locais de trabalho. O consumo máximo mensal de óleo diesel foi determinado com base na potência e rendimento dos equipamentos, nos consumos específicos médios levantados em obras similares e na média de horas trabalhadas por grupos de equipamentos, nos meses de maior atividade. Para atender ao consu-

mo previsto de óleo diesel, a obra contou com cinco reservatórios de 15.000 l para estocagem do produto como recebido dos fornecedores. Além disso, havia três reservatórios de 15.000 l para armazenagem de óleo diesel filtrado e centrifugado. Os veículos à gasolina foram abastecidos por dois reservatórios de 15.000 l.

**A obra contou com cinco reservatórios de 15.000 litros para estocagem de óleo diesel e dois reservatórios de 15.000 litros para estocagem de gasolina.**

#### 4.2.1.22 Paiol de explosivos

Para atender à demanda causada pelas escavações de rocha, foi construído um depósito de explosivos com capacidade para armazenar a quantidade média consumida em 15 dias. Construiu-se também um depósito de acessórios para guarda de espoletas, cordel detonante, retardadores e estopins, entre outros. Ambos os depósitos foram construídos em conformidade com a legislação específica do assunto (Sfidt) - (R-105) – Regulamento para o Serviço de Fiscalização da Importação, Depósito e Tráfego de Produtos Controlados pelo Ministério do Exército, artigos 240 e 255.

### 4.2.2 Equipamentos para terraplenagens

Foram utilizados os seguintes equipamentos nas obras de terra e enrocamento:

- ♦ Retroescavadeira Case 580 DH ou similar.
- ♦ Caminhão basculante Scania 113, Ford Cargo ou similar.
- ♦ Rolo compactador de 90 kN.
- ♦ Rolo compactador vibratório tipo Dynapac CA-511/CA-25 e HAMM 2520 (Fiat).
- ♦ Rolo compactador tipo *tamping* CT 260.
- ♦ Trator de esteiras tipo CAT D8 ou similar.
- ♦ Trator de esteiras tipo CAT D6 ou similar.
- ♦ Mmotoniveladora tipo CAT 140.
- ♦ Irrigadeira de 16.000 l.
- ♦ Grade de discos.
- ♦ Trator agrícola.
- ♦ Soquete vibratório.
- ♦ Bomba d'água com reservatório e canhão.

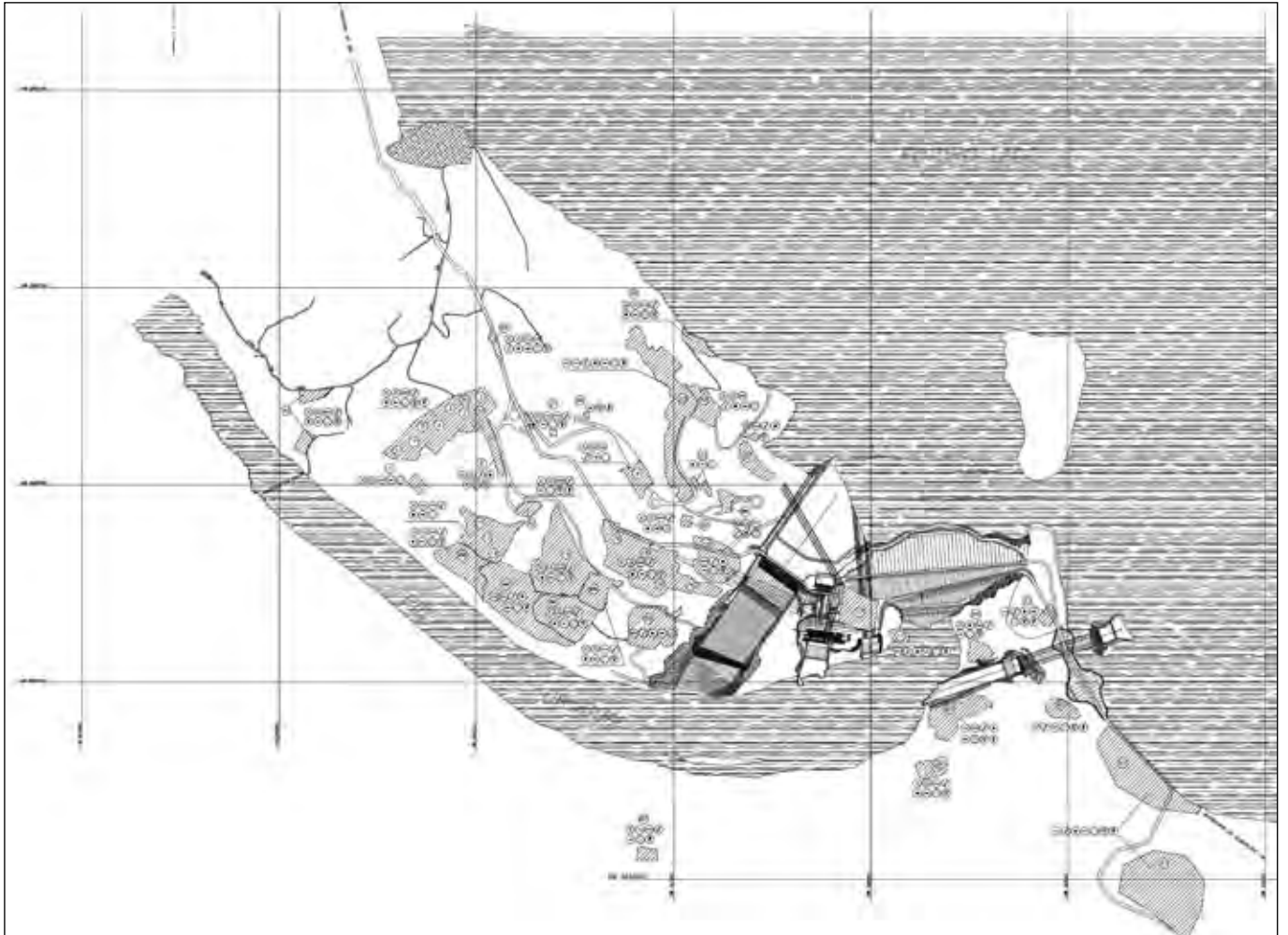
### 4.2.3 Desmobilização das instalações provisórias e recuperação de áreas degradadas

A desmobilização do canteiro foi deflagrada após o início da geração comercial da Unidade 2 e obedeceu ao plano traçado no Projeto Básico Ambiental.

Os solos orgânicos removidos por ocasião do desmatamento das áreas de implantação das obras – e que haviam sido estocados em área específica – foram utilizados na recomposição vegetal das áreas degradadas. A figura 4.1 apresenta um esboço geral do projeto de recuperação de áreas que poderá ser consultado nos sites [www.machadinho.com.br](http://www.machadinho.com.br) e [www.maesa.com.br](http://www.maesa.com.br), no desenho REVEG\_IMP.

Figura 4.1

### Recuperação de áreas



Desenho REVEG\_IMP

## 4.3 Estruturas principais

### 4.3.1 Desvio do rio

As tabelas 4.2 e 4.3 apresentam as etapas do processo construtivo e os principais volumes do desvio do rio.

Tabela 4.2

#### Desvio do rio - Etapas do processo construtivo

Etapas	Processo construtivo	Discriminação	
1ª ETAPA	Escoamento pelo leito natural do rio Pelotas estrangulado para a margem esquerda pela construção da barragem principal e ensecadeiras a partir da margem direita.		
	Proteção da obra mediante septos naturais	Construção dos túneis de desvio (tempo de recorrência/vazão)	5 anos/11.450 m³/s
		Construção da casa de força (tempo de recorrência/vazão)	100 anos/22.480 m³/s
		Definição do estrangulamento do rio (tempo de recorrência/vazão)	50 anos/19.990 m³/s
	Elevações das cristas dos septos naturais	Emboque/desemboque dos túneis T1 e T2	385,00 m/385,00 m
		Emboque/desemboque dos túneis T3 e T4	386,00 m/385,00 m
Canal de fuga da Usina		391,00 m	
2ª ETAPA	Construção das ensecadeiras principais e escoamento pelos túneis de desvio e alteamento da barragem pelo espaldar de jusante.		
	Vazão de projeto das ensecadeiras (Tr = 10 anos)		14.110 m³/s
	Túneis de desvio	Quantidade	4
		Seção tipo	arco-retângulo
		Dimensões da seção (LxH)	(14,00 x 16,00) m
		Comprimento do túnel T1	655,00 m
		Comprimento do túnel T2	638,00 m
	Comprimento dos túneis T3 e T4 (cada)		333,00 m
	Nível d'água máximo a montante		408,20 m
	Nível d'água máximo a jusante		385,20 m
	Altura máxima da ensecadeira de montante		46,00 m
	Altura máxima da ensecadeira de jusante		26,00 m
	Elevação da crista da ensecadeira de montante		410,00 m
	Elevação da crista da ensecadeira de jusante		386,00 m
Vazão máxima admitida para fechamento das ensecadeiras		1.050 m³/s	
Vazão de projeto da 2ª etapa da barragem (Tr = 500 anos)		28.220 m³/s	
Nível d'água máximo a montante		446,60 m	
Nível d'água máximo a jusante		389,30 m	
Cota mínima de proteção da barragem no início do período úmido		447,00 m	
FECHAMENTO DO RIO	Vazão máxima admitida		1.050 m³/s
	Número de túneis fechados por comportas		2
	Número de abertura por túneis		3
	Número de ranhuras por abertura		2
	Dimensões de cada abertura (LxH)		(14,00x4,20) m
	Comportas tipo vagão-ensecadeira		3
	Quantidade de comportas (uma por vão)		6
	Quantidade de painéis (por comporta)		1
	Comporta corta-fluxo		1



Tabela 4.3

**Principais volumes de serviços do desvio do rio**

Serviços	Quantidades (m <sup>3</sup> )
Escavação comum	365.300
Escavação em rocha a céu aberto	615.300
Escavação subterrânea em rocha	392.800
Concreto do portal e tampões	40.000
Enrocamento das ensecadeiras principais	756.200
Transição das ensecadeiras principais	45.600
Aterro das ensecadeiras principais	231.200
Enrocamento das ensecadeiras auxiliares	61.000
Transição das ensecadeiras auxiliares	8.600
Aterro das ensecadeiras auxiliares	72.700

**4.3.1.1 Obras civis****4.3.1.1.1 Métodos construtivos**

A construção das estruturas de desvio do rio foi iniciada no mês de dezembro de 1998, com os serviços a seguir:

- ♦ Escavações em terra e em rocha do canal de entrada dos túneis T1 e T2, incluindo os chumbadores, tela metálica e concreto projetado, aplicados na face montante do emboque.
- ♦ Escavação em terra para preparo da fundação e o lançamento do enrocamento de primeira etapa da ensecadeira principal de montante.

A escavação em terra do canal de saída dos túneis T1 e T2 iniciou no primeiro mês de obras, enquanto a escavação em rocha teve início no segundo mês. As escavações dos túneis T3 e T4, na margem direita, foram iniciadas com defasagem de tempo em relação aos túneis T1 e T2. A escavação em terra do desemboque foi iniciada em junho de 1998 e a escavação em rocha em novembro do mesmo ano. Esse serviço se estendeu até 11 de outubro de 1999.

Os túneis T1 e T2 foram escavados de jusante para montante, com exceção dos 100 m iniciais a partir de montante, que foram executados com prioridade, a fim de antecipar a liberação da concretagem das estruturas dos emboques. Dessa forma, a escavação subterrânea dos túneis T1 e T2 foi iniciada por jusante, e a execução dos primeiros 100 m foi escavada no período compreendido entre 1º de setembro e 22 de dezembro de 1998. A escavação desses túneis por jusante foi iniciada em 22 de abril de 1998 e se estendeu até a liberação da escavação em rocha a céu aberto por montante, em 1º de setembro de 1998. Nessa data teve início a execução do trecho montante e em seguida retornou por jusante até o seu final, em 17 de setembro de 1999. Em 22 de dezembro de 1998 iniciou-se a concretagem das estruturas dos em-

**Os túneis de desvio redirecionam as águas do rio, possibilitando a construção da barragem. A UHE Machadinho teve quatro túneis escavados em rocha, dois inferiores e dois superiores.**

boques dos túneis T1 e T2, concluída em 24 de setembro de 1999.

A montagem das soleiras e guias das comportas dos túneis T1 e T2 foi executada entre 25 de agosto de 1999 e 6 de outubro de 1999. O concreto secundário das guias e soleiras e o reaterro com enrocamento sobre as estruturas dos emboques dos túneis T1 e T2 foram concluídos em 6 de outubro de 1999.

Os túneis T3 e T4 foram escavados de jusante para montante até 50 m, a partir do emboque de montante. Esse último trecho foi escavado de montante para jusante, durante a fase final da escavação do túnel por jusante. A escavação desses túneis se estendeu de 17 de dezembro de 1998 a 19 de outubro de 1999. A escavação dos túneis T3 e T4 foi iniciada durante a escavação dos túneis T1 e T2 e terminou após a conclusão da escavação, das estruturas de concreto e montagem das guias de comporta desses últimos.

A remoção dos septos dos canais de entrada e saída dos túneis de desvio foi executada no mês de outubro de 1999. A conclusão dessas obras permitiu o início das operações de desvio do rio. A execução do desvio do rio e a seqüência de construção da barragem principal e das ensecadeiras estiveram estritamente relacionadas com as condições particularmente rigorosas do regime fluvial do rio Pelotas.

Como estratégia geral de ataque, foi prevista a execução do máximo volume possível de enrocamento no período anterior ao desvio, tanto na barragem como na ensecadeira principal, provocando um estrangulamento parcial do rio e preservando no seu leito um canal com largura máxima de 80 m.

Os volumes de enrocamento executados antes do desvio foram os seguintes:

Barragem principal (ombreira direita) .....	1.584.000 m <sup>3</sup>
Ensecadeira de montante (ombreira direita) .....	375.274 m <sup>3</sup>
Total .....	1.959.274 m <sup>3</sup>

Na ombreira direita, os maciços de enrocamento foram executados por meio da aplicação direta dos materiais obtidos nas escavações previstas na área de implantação das estruturas de desvio, tomada d'água, casa de força e vertedouro. Na ombreira esquerda, os materiais de escavação dos emboques e túneis T3 e T4 foram estocados para utilização posterior na barragem. Nesse mesmo período, anterior ao desvio, foi escavado o canal e construído o dique fusível na margem direita.

O fechamento do rio e o seu desvio através dos túneis foi realizado por meio de dois cordões de enrocamento, um de montante, a partir do enrocamento já lançado previamente, e um a jusante, executados simultaneamente pelo processo de lançamento em ponta de aterro. Esses cordões foram incorporados às ensecadeiras lançadas inicialmente até a elevação 379 m na de montante e a elevação 374 m na de jusante.

As ensecadeiras de montante e jusante, para a construção da barragem principal, foram constituídas de enrocamento com vedação externa em solo. A ensecadeira de

**Para a construção da barragem principal, as ensecadeiras de montante e jusante foram constituídas de enrocamento com vedação externa em solo. A ensecadeira de jusante foi incorporada à barragem principal.**

**O enrocamento foi lançado, em geral, diretamente na água pelo basculamento da caçamba de caminhões. Mas na região de ponta de aterro, o material foi depositado em maior volume na crista da pré-ensecadeira e posteriormente empurrado por trator de lâmina, para evitar perdas maiores por arraste e segregação do material devido às altas velocidades da água nessa região.**

jusante foi incorporada à barragem principal.

Para a construção das ensecadeiras, executou-se previamente uma escavação comum, inclusive abaixo do nível d'água. A construção das ensecadeiras principais foi precedida pelo lançamento de pré-ensecadeiras, constituídas por um maciço de enrocamento lançado na água com o objetivo de desviar o fluxo do rio. A execução das pré-ensecadeiras foi iniciada na margem direita, com o lançamento de materiais oriundos de escavações obrigatórias em ponta de aterro, sem compactação, até uma elevação ligeiramente superior ao nível d'água.

O enrocamento foi lançado, em geral, diretamente na água pelo basculamento da caçamba de caminhões. Mas na região de ponta de aterro, o material foi depositado em maior volume na crista da pré-ensecadeira e posteriormente empurrado por trator de lâmina, para evitar perdas maiores por arraste e segregação do material devido às altas velocidades da água nessa região. O lançamento do enrocamento avançou prioritariamente do lado de montante, com o emprego de blocos de grandes dimensões, de modo a criar, a jusante, zonas com velocidades mais baixas, que permitissem o lançamento de materiais de menores dimensões. Esse método construtivo, além de ter permitido uma considerável economia de blocos especiais de rocha, minimizou o arraste de materiais para a área a jusante da pré-ensecadeira, onde seria implantada a ensecadeira, e reduziu os serviços posteriores de remoção e limpeza dessa região.

Quando ocorria o lançamento simultâneo das pré-ensecadeiras de montante e de jusante, a de montante avançava pouco à frente da outra, de maneira a criar, a jusante, condições mais favoráveis de lançamento. O lançamento dos materiais de transição, a montante da pré-ensecadeira, foi realizado com os mesmos equipamentos empregados no lançamento do enrocamento, citados anteriormente. Os métodos de lançamento desses materiais também foram semelhantes àqueles utilizados na construção da pré-ensecadeira, com o basculamento direto na água ou, indiretamente, pela empurra do material com trator de lâmina.

No transporte do material argiloso, lançado a montante das transições, foram empregados *motoscrapers* e caminhões basculantes. O material foi inicialmente depositado no topo da pré-ensecadeira e em seguida empurrado para dentro d'água, por meio de trator de lâmina. O material argiloso foi trazido em grandes quantidades de maneira a possibilitar a aplicação contínua do maior volume possível e minimizar, assim, a sua saturação.

Nas ensecadeiras construídas integralmente a seco ou parcialmente a seco, os métodos executivos e os equipamentos empregados foram semelhantes àqueles utilizados na construção da barragem e dos diques – descritos no item 4.3.2. A construção do maciço argiloso das ensecadeiras, entretanto, foi executado por meio da compactação de camadas com espessura maior que na barragem e nos diques.

Terminados os trabalhos de desvio do rio, foram executadas as vedações das ensecadeiras de montante e jusante até a cota de coroamento do cordão inicial. Após essa

vedação, foram realizados o esgotamento e a limpeza da área ensecada, além da complementação das ensecadeiras principais até as cotas 410 m e 388 m, respectivamente.

#### **4.3.1.1.2 Plano de ataque**

O plano de ataque foi detalhado a seguir para cada estrutura que compõe a operação de desvio do rio.

##### **a. Canal de entrada dos túneis de desvio T1 e T2**

As escavações em solo e rocha evoluíram até serem atingidas as cotas das sapateiras das abóbadas dos túneis de desvio. Feito isso, foram interrompidas as escavações a céu aberto, iniciando-se, então, as escavações dos primeiros 100 m dos túneis de desvio.

Completados os 100 m iniciais dos túneis de desvio, por montante, foi reiniciada a escavação a céu aberto, prosseguindo para dentro do túnel, até serem atingidas as cotas de projeto, que inclui um septo de rocha a montante. Nessa oportunidade a área foi liberada para a execução das estruturas de concreto das tomadas d'água dos dois túneis.

A escavação do canal de montante foi executada, em toda sua altura, em seis bancadas com altura média de dez metros cada. A cada nova bancada foram realizados os respectivos trabalhos de contenção, no paramento vertical do emboque, acima da abóbada dos túneis. O septo rochoso foi removido após a conclusão da estrutura de concreto e antes do início das operações de desvio do rio.

##### **b. Canal de saída dos túneis de desvio T1 e T2**

As escavações em solo e rocha evoluíram até serem atingidas as cotas das sapateiras das abóbadas dos túneis de desvio. Em seguida, foi iniciada a escavação dos túneis.

A escavação do canal de jusante foi executada, em toda sua altura, em cinco bancadas com altura média de dez metros cada e as respectivas contenções.

As escavações a céu aberto somente foram reiniciadas após a conclusão da abóbada e adiantamento do rebaixo dos túneis de desvio. Essas escavações evoluíram até as cotas finais de projeto, mantendo-se o septo rochoso de jusante do canal de saída – que foi removido pouco antes das operações de desvio do rio.

##### **c. Canais de entrada e saída dos túneis de desvio T3 e T4**

O plano de ataque desses túneis foi semelhante ao dos túneis T1 e T2. A diferença é que o T3 e o T4 foram escavados logo no início a partir de jusante e, por consequência, também o canal. O canal de montante foi iniciado durante a parte final de escavação do canal de jusante. A parte final do canal de montante foi escavada em paralelo com a escavação da parte subterrânea respectiva, com extensão de 50 m.

##### **d. Túneis de desvio T1 e T2**

As escavações subterrâneas foram iniciadas pelo emboque de montante, com a fi-

nalidade de liberar a área para a concretagem da estrutura da tomada d'água. A escavação subterrânea foi iniciada tão logo a escavação do canal de entrada atingiu a cota da sapateira da abóbada dos túneis. Assim, a escavação foi iniciada pela aplicação dos tirantes horizontais de 20 tf, ao longo do contorno da abóbada.

O avanço foi cuidadoso, conforme indicado no projeto, e assim que a abóbada atingiu o avanço de 100 m foi reiniciada e completada a escavação do canal a céu aberto, concluindo-se o rebaixo da parte subterrânea. Durante os ciclos de avanço da abóbada foram feitos os trabalhos de contenção da mesma.

Com a conclusão dos 100 m iniciais da abóbada dos túneis T1 e T2 por montante e conseqüente liberação do Jumbo utilizado na furação, esse equipamento foi transferido para o emboque de jusante a fim de que se iniciassem as escavações subterrâneas por essa frente. Nesse momento, as escavações a céu aberto do canal de saída dos túneis T1 e T2 atingiram a cota da sapateira da abóbada. Foi mantida durante a escavação a defasagem de 20 m entre as estacas de progresso dos dois túneis. Durante os ciclos de avanço da abóbada foram executados os trabalhos de contenção da mesma. Após a conclusão total da abóbada dos túneis por jusante, foi reiniciada e terminada a escavação a céu aberto do canal de restituição e dos rebaixos dos túneis T1 e T2.

#### **e. Túneis de desvio T3 e T4**

Quando a escavação do canal de jusante dos túneis T3 e T4 atingiu a cota da sapateira da abóbada, foi iniciada e desenvolvida a escavação das abóbadas desses túneis até 50 m antes de atingirem o emboque de montante. O trecho final a partir de montante foi iniciado logo após o Jumbo terminar a abóbada do lado de jusante. Foi mantida a defasagem de 20 m entre as estacas de progresso dos túneis. As contenções da abóbada e das paredes laterais foram executadas no mesmo ciclo de avanço respectivo.

#### **f. Concretagem da tomada d'água**

A estrutura da tomada d'água foi composta por dois blocos idênticos e independentes, um para cada túnel, afastados um do outro 10,40 m e com altura de 32 m. Cada tomada d'água foi dividida em um bloco a céu aberto com comprimento de 27,50 m e um bloco subterrâneo com comprimento de 21 m, separados por uma junta de contração. A soleira de jusante, encaixada na rocha, foi a primeira a ser concretada, priorizando-se, entretanto, o bloco a céu aberto.

As formas foram do tipo trepante, na sua maior parte. No trecho de transição e na abóbada do trecho subterrâneo foram utilizadas formas de madeira e escoramento metálico. Para o lançamento do concreto a céu aberto e apoio aos diversos serviços foi instalado, a montante da tomada d'água, um guindaste Potain MD-235, fixo, com comprimento de lança de 65 m. Para auxiliar os trabalhos no trecho subterrâ-

neo dos túneis T1 e T2 foi utilizado um guindaste móvel sobre pneus. O concreto das abóbadas foi lançado com bomba. Os túneis de desvio abrigaram ainda os tampões, descritos no item a seguir.

#### 4.3.1.1.3 Fechamento dos túneis de desvio

##### a. Ensecadeiras dos túneis superiores

Para dar início aos serviços de fechamento dos túneis era preciso que a obra tivesse atingido o estágio de progresso necessário e a vazão do rio estivesse abaixo da máxima segura. Inicialmente, nos túneis T3 e T4 foram construídas duas ensecadeiras, em cada um dos túneis, uma a montante, obturando o respectivo emboque, e a outra, comum aos dois túneis, na extremidade jusante do canal de restituição e sobre o antigo septo.

##### b. Concretagem dos tampões

Foram concretados inicialmente os tampões dos túneis superiores e, em seguida, os dos túneis inferiores. Os tampões foram concretados em camadas com altura de dois metros. Essa altura permitiu que o piso e o teto da galeria quadrada fossem cotas obrigatórias de camada. Na massa do concreto do tampão foram embutidos os tubos de passagem, para execução dos furos de injeção, além do conjunto de tubos para o fechamento final da drenagem dos túneis.

Logo após a estabilização da temperatura do concreto do tampão, iniciou-se a fase de injeção e instalação da drenagem do maciço de contorno. As injeções de contato e do maciço foram executadas na seqüência a seguir:

- ♦ Enchimento dos vazios, com argamassa, entre o concreto da abóbada e a rocha.
- ♦ Injeção de contato com a rocha.
- ♦ Injeções de impermeabilização da coroa de montante do tampão e verificação da absorção na região do contato entre rocha e concreto.
- ♦ Perfuração dos furos de drenagem.

Todos os serviços de perfuração da fase de injeção e drenagem foram feitos com martelos de coluna ou ainda com carretas de perfuração.

O lançamento do concreto dos tampões foi realizado com caminhão e bombas de concreto a diesel. Nesse processo, o concreto foi abastecido por caminhões-betoneira, a argamassa e a calda para o enchimento dos vazios foram preparadas por misturadores e injetados por bombas localizadas ao lado da estrutura. O cimento e aditivos foram fornecidos em sacos.

**Para dar início aos serviços de fechamento dos túneis, era preciso que a obra tivesse atingido o estágio de progresso necessário e a vazão do rio estivesse abaixo da máxima segura.**

### c. Operação de fechamento dos túneis inferiores

O fechamento dos túneis inferiores foi executado nas etapas de trabalho a seguir:

- ♦ Fechamento dos dois túneis a montante com auxílio das comportas-ensecadeira, conforme procedimento do projeto básico.
- ♦ A montagem das comportas de fechamento dos túneis T1 e T2 foi realizada no período hidrológico seco favorável, cerca de um ano antes do período previsto para o fechamento definitivo. Os túneis superiores estavam em condições de operação, de forma a propiciar segurança aos serviços.
- ♦ Os equipamentos foram posicionados, montados, instalados e testados de acordo com os desenhos, especificações e manual de montagem do fabricante.
- ♦ A seqüência das operações envolvidas na montagem e estocagem das comportas, bem como as inspeções, testes e fechamento dos túneis seguiram, basicamente, o predisposto nos desenhos do projeto e especificações.
- ♦ Caso as vazões do rio Pelotas estivessem, no final de junho, acima do máximo especificado de 1.050 m<sup>3</sup>/s, o fechamento dos túneis inferiores poderia ser transferido por cerca de 15 dias, sem atraso para a geração da primeira unidade.

## 4.3.1.2 Montagem eletromecânica

### 4.3.1.2.1 Equipamentos de operação das comportas

As comportas vagão-ensecadeira, para fechamento de seis vãos dos túneis T1 e T2, foram acionadas com a utilização de dois guindastes sobre esteiras, com 200 tf de capacidade cada um. Foram adotados guindastes sobre esteiras porque, em caso de emergência, haveria a necessidade de movimentação do guindaste com a comporta corta-fluxo içada, para possibilitar o socorro ao vão onde a comporta vagão-ensecadeira estivesse eventualmente emperrada.

### 4.3.1.2.2 Recuperação das comportas

Foram recuperadas as calagens das comportas, os dispositivos de desemperramento, as tampas dos vãos e a comporta corta-fluxo.

## 4.3.2 Métodos construtivos de diques e barragem

A construção da barragem e dos diques obedeceu à seguinte seqüência de atividades: desmatamento da área, escavação das fundações, tratamento das fundações e construção do maciço.

### 4.3.2.1 Desmatamento, destocamento e limpeza

Inicialmente houve a remoção do material de origem vegetal, incluindo o desmatamento e destocamento, de forma que a superfície resultante se apresentasse com-

pletamente livre de qualquer material de origem orgânica. As áreas a serem desmatadas e destocadas foram aquelas previstas no projeto de escavações programadas ou as utilizadas para acessos, aterros, bota-foras e estocagem de materiais. Foram tomadas providências adequadas para a máxima preservação da paisagem natural fora das áreas necessárias ao trabalho.

O desmatamento compreendeu a derrubada e a remoção de todas as árvores, arbustos, capoeiras e macegas existentes na área, além do destocamento e remoção de tocos e raízes, para locais previamente determinados. A raspagem foi precedida da remoção de toda a capa vegetal, que apresentava espessura de 30 cm a 40 cm.

O desmatamento, destocamento e raspagem foram feitos por trator de esteiras. A remoção do material foi feita por carregadeira e caminhão-basculante. As madeiras aproveitáveis após o corte foram transportadas até o destino final por caminhão-carroceria com guincho Munck.

#### **4.3.2.2 Escavação das fundações**

Os serviços de escavação das fundações foram executados, basicamente, para remoção de camada de materiais inconsistentes. No entanto, também foram necessárias escavações em rocha em alguns trechos, para regularizar a superfície do terreno. Para as escavações das fundações foram utilizados escavadeiras Liebherr 942 e Fiat FH 200, retroescavadeira e tratores de esteira D6 e D8.

Os materiais escavados que se apresentaram saturados ou com restos vegetais e lama foram lançados em áreas de bota-fora. Os materiais que preenchiam os requisitos para emprego na construção de aterros compactados foram aplicados nos diques e nas ensecadeiras. Aqueles que não atendiam a esses critérios foram aproveitados na construção de pistas de acesso. Nas fundações das ensecadeiras foram realizadas escavações submersas com o emprego de retroescavadeiras para remoção de materiais aluvionares permeáveis, depositados na região de lançamento da vedação.

#### **4.3.2.3 Tratamento das fundações**

##### **4.3.2.3.1 Tratamentos superficiais em solo**

Após as escavações obrigatórias, foi realizada a raspagem da superfície resultante, com o emprego de tratores leves tipos CAT-D6 ou motoniveladoras. Nas zonas onde ocorreram ressurgências d'água foram empregados, com frequência, poços de bombeamento provisórios, que permitiram o lançamento do aterro a seco. A base do poço era preenchida com brita, e mantido constante o bombeamento da água acumulada, até dar-se a estabilidade do nível d'água do poço. Nesse momento, o poço era preenchido por areia até pouco acima do nível d'água estático e coberto em seguida por um selo de solo compactado ou por concreto.

**A construção da barragem e dos diques obedeceu à seqüência: desmatamento da área, escavação das fundações, tratamento das fundações e construção do maciço.**



**As injeções para os tratamentos subsuperficiais em rocha foram iniciadas com calda de cimento e seu engrossamento foi feito de acordo com a absorção do furo, porém limitado a um traço, em peso, igual a 0,45:1.**

#### **4.3.2.3.2 Tratamentos superficiais em rocha**

Antes dos tratamentos superficiais foram removidos os materiais soltos depositados sobre o maciço rochoso, principalmente na região do plinto e das transições e na região do terço e do pé de jusante da barragem, por meio de retroescavadeiras sobre esteiras tipos Liebherr 942 e Fiat FH 200.

Na região do núcleo foi executada uma trincheira de vedação até o topo da rocha ou com o fundo na camada de saprólito. Nas regiões em que afloraram discontinuidades, foram removidos parcialmente os materiais constituintes da caixa de falha pelo processo manual, com o emprego de pás, picaretas, alavancas e rompedores.

O concreto convencional utilizado em retaludamentos, no preenchimento de falhas e depressões topográficas confinadas, foi, em geral, lançado com o auxílio de guindastes sobre pneus. Em locais que permitiam o acesso de caminhões-basculantes, o concreto era lançado diretamente. Em algumas áreas da fundação, também foi utilizado lançamento de concreto por meio de bombas. O preenchimento de discontinuidades abertas do maciço rochoso foi realizado com argamassa ou calda de cimento (traço água : cimento, em peso, igual a 0,6:1), por gravidade, com o auxílio de mangueiras.

Nas áreas onde ocorreram artesianismos foram instalados drenos de brita interligados a poços coletores para permitir o lançamento do aterro ou do concreto a seco, os quais foram posteriormente preenchidos com injeção de calda de cimento. Outra forma de drenagem provisória empregada foi o dreno-chaminé, que consistia na colocação de um tubo de PVC de 4" sobre o ponto de ressurgência d'água e na utilização de bomba ou de um chupão. Após o aterro ultrapassar o nível d'água estático, o dreno era preenchido com injeção de calda de cimento.

#### **4.3.2.3.3 Tratamentos subsuperficiais**

##### **a. Injeções**

Os furos para injeção de calda de cimento (cortina de vedação ou injeções rasas) foram executados com emprego de perfuratrizes roto-percussivas pneumáticas, com circulação de água, com diâmetros de 2", 2 ½" e 3". Para injeção foram empregadas bombas do tipo avanço-com-rosca, com capacidade de 150 l/min a uma pressão de 1,5 MPa (15 kgf/cm<sup>2</sup>).

As injeções foram iniciadas com calda de cimento com traço, em peso, igual a 0,7:1 (água : cimento). O seu engrossamento foi feito de acordo com a absorção do furo, porém limitado a um traço, em peso, igual a 0,45:1. Nas injeções de enchimento, no caso de grandes absorções, as caldas foram substituídas por argamassa de água : areia : cimento na relação, em peso, água:sólidos igual a 0,5:1 > a proporção areia:cimento foi de 1:2.

A pressão manométrica empregada foi de 0,35 kgf/cm<sup>2</sup> por metro de profundi-

dade, contada da boca do furo até o trecho médio a ser injetado. No trecho superior do furo a pressão foi limitada a um máximo de 0,50 kgf/cm<sup>2</sup> e de 0,20 kgf/cm<sup>2</sup> ou por gravidade, quando o furo era executado a partir da camada de concreto. As injeções foram executadas pelo método ascendente e nos mesmos trechos do ensaio de perda d'água, inclusive os subtrechos.

#### **b. Ensaio de perda d'água**

Nos furos exploratórios executados com sonda rotativa, foram realizados os ensaios com cinco estágios de pressão, com duração de dez minutos por trecho. Naqueles executados com sonda roto-percussiva, foram realizados em um único estágio de pressão, também em dez minutos por trecho. Os trechos tinham, em geral, comprimento de três metros. Nos casos em que a perda d'água era superior a 20 l/min/kgf/cm<sup>2</sup>, ou em zonas fraturadas, os ensaios foram divididos em subtrechos de um metro. As pressões máximas observadas foram basicamente de 1,0 kgf/cm<sup>2</sup> até três metros, 1,5 kgf/cm<sup>2</sup> até 6,5 m e 2,0 kgf/cm<sup>2</sup> até o final do furo.

### **4.3.2.4 Construção do maciço**

#### **4.3.2.4.1 Enrocamentos**

##### **a. Introdução**

Os materiais dos enrocamentos foram classificados em tipos, de acordo com a constituição apresentada por seus fragmentos de rocha após a demolição. Os desenhos e as especificações indicaram onde e em que zona da barragem cada tipo deveria ser aplicado. Os planos e esquemas de fogo foram planejados visando a obtenção de granulometria dentro dos limites especificados. Após limpeza e tratamentos específicos, foram liberadas áreas parciais de fundação das enscadeiras, barragem e diques. Quando necessário, foi iniciado o lançamento do enrocamento.

A aplicação dos diversos tipos de materiais foi cuidadosamente orientada, desde o local de escavação e, em especial, dentro das áreas de lançamento. Os materiais de transição foram obtidos após o beneficiamento de parte do material de escavação. Todas as linhas e inclinações que separam os tipos de materiais, bem como aquelas que conformam o maciço, foram controlados topograficamente de acordo com o projeto.

##### **b. Enrocamento compactado**

O enrocamento foi lançado, espalhado, compactado e nivelado em camadas horizontais dentro das espessuras indicadas no projeto. O espalhamento foi orientado de forma a evitar segregações do material, exceto onde houvesse necessidade de segregação de pedras grandes para a face jusante da barragem. O espalhamento dos

**Os materiais dos enrocamentos foram classificados em tipos, de acordo com a constituição apresentada por seus fragmentos de rocha após a demolição.**

fragmentos de rocha foi executado por trator CAT D8. Onde foi possível e adequado utilizou-se o trator CAT D6.

A quantidade de água aplicada foi superior a 25% do volume de enrocamento da camada em execução. A pressão da água aplicada foi controlada de forma a evitar distúrbios nos fragmentos de rocha já compactados. A compactação das camadas foi executada por meio de rolo compactador liso vibratório autopropelido do tipo CA-25.

Para cada faixa de zoneamento foram utilizados números de passadas de rolo Dynapac CA-25 com frequência de vibração entre 1.000 e 1.200 vpm e velocidade de deslocamento de aproximadamente 4 km/h, distintos para que se obtivesse o grau de compactação satisfatório e necessário para atender às especificações do projeto.

#### **c. Enrocamento lançado**

Após lançamento junto aos locais de aplicação, o material foi empurrado e nivelado por trator CAT D8. Onde foi possível e adequado utilizou-se o trator CAT D6.

#### **d. Instrumentação**

Marcos de assentamento, de referência e cabines de instrumentos: os marcos de assentamento e de referência, bem como as cabines de instrumentos, as escadas de acesso e os coletores de drenagem interna foram construídos e instalados de acordo com o projeto. Os marcos e as cabines foram instalados assim que as respectivas cotas eram atingidas.

Medidores de deslocamentos internos e demais instrumentos: os instrumentos inseridos no maciço do enrocamento foram embutidos e os fios conduzidos, de acordo com as especificações do projeto, para as respectivas cabines de controle. Durante o andamento dos trabalhos, todos os instrumentos e tubulações foram adequadamente protegidos contra danos e deslocamentos.

#### **4.3.2.4.2 Filtros e transições**

O maciço compactado da barragem foi composto pelos seguintes tipos de transição e filtro:

- ♦ T1: transição processada com faixa granulométrica de brita graduada, com diâmetro máximo igual a 100 mm (4”), compactada em camadas de 0,40 m, com material obtido pela composição de materiais processados em britadores primários, secundários e terciários e molhada à razão de 100 l de água/m<sup>3</sup>. O espalhamento foi feito com trator CAT D6 e motoniveladora CAT 140. O material foi molhado durante a compactação por meio de caminhão-irrigadeira.
- ♦ T2: transição processada de brita 1 e pedrisco, na proporção de 3:5, com diâmetro máximo igual a 25 mm, compactada por processo manual ou mecânico, em camadas de 0,20 m.

- ♦ T4: transição processada com diâmetro máximo igual a 100 mm (4”), composta da transição 1 e pedrisco na proporção de 20%, compactada em camadas de 0,40 m.
- ♦ T: transição não-processada de saprólito duro ou rocha alterada dura, com diâmetro máximo inferior a 400 mm, compactada em camadas de 0,40 m através de tráfego de equipamentos.
- ♦ Filtro de areia natural ou artificial lavada, compactado em camadas de 0,40 m.
- ♦ Blocos: executados com emprego de caminhões-basculantes Scania 113 E. O espalhamento foi feito com trator CAT D8 ou D6.

A compactação mecânica foi realizada com quatro passadas de rolo Dynapac CA-25, com frequência de vibração entre 1.000 vpm e 1.200 vpm e velocidade aproximada de deslocamento de 4 km/h. Para evitar o segregamento de blocos no *off-set* de montante da camada, o espalhamento do material foi feito no sentido montante/jusante, de maneira que os de maior diâmetro ficassem no seu interior. O espalhamento foi feito com trator CAT D6 e motoniveladora CAT 140. O material foi molhado durante a compactação por caminhão-irrigadeira.

#### 4.3.2.4.3 Aterros argilosos

##### a. Aterros de solo compactado

Quando as fundações do dique ou aterro de estrada foram conformadas de acordo com o projeto e as especificações, teve início a construção do aterro. Os materiais provenientes dos cortes ou empréstimos foram espalhados em camadas com espessura em acordo com as especificações técnicas. As operações de espalhamento e acerto das camadas foram efetuadas por motoniveladora e trator de esteiras. Os equipamentos de lançamento transitaram de forma dispersa na praça, evitando repasse excessivo em rastros de passagens anteriores.

Quando houve necessidade de correção de umidade, foram aplicados diferentes processos, em função da condição verificada. Em situações nas quais o teor esteve acima do limite especificado, o solo lançado foi revolvido e aerado. Nessa operação, foram utilizados escarificadores de motoniveladora e grades tracionadas por trator agrícola. Nos casos em que o teor apresentou-se abaixo do limite especificado, o solo foi irrigado e homogeneizado empregando-se caminhão-irrigadeira e grade de discos.

A compactação das camadas em áreas abertas foi feita com rolo compactador com patas tipo pé-de-carneiro/*tamping*. Em áreas confinadas foram utilizadas placas vibratórias ou soquetes pneumáticos. Onde indicado pelo projeto ou especificação, a compactação foi feita pelo trânsito dos equipamentos de transporte e espalhamento dos materiais. A praça foi mantida com declividade transversal, para fora do aterro, de maneira a facilitar o escoamento das águas pluviais. Os taludes gerados pelo tra-

**A compactação mecânica do enrocamento foi realizada com quatro passadas de rolo Dynapac CA-25, com frequência de vibração entre 1.000 vpm e 1.200 vpm e velocidade aproximada de deslocamento de 4 km/h.**

balho foram protegidos contra a erosão causada pelo escoamento superficial de águas pluviais, mediante abertura de canaletas no terreno.

#### **b. Proteções de talude**

O talude de montante da barragem foi protegido pela laje de revestimento e o de jusante pelo enrocamento de pedras grandes. O talude de montante dos diques foi protegido com *rip-rap* e o de jusante com grama. O *rip-rap* de montante foi lançado em camadas de 0,40m de espessura, a cada duas camadas de terra. O revestimento do talude de jusante foi feito com leivas de grama, plantadas logo após a conclusão e acabamento final do paramento do aterro. Foi feita intensa irrigação desse talude, até a garantia de pega da grama, com irrigadeiras distribuindo água sob pressão.

A construção de aterros argilosos compactados obedeceu à seguinte seqüência de serviços:

- ♦ Gradeamento superficial da camada de solo anteriormente lançada e compactada, para quebra da selagem causada pelo trânsito de equipamento pesado, por meio da utilização de tratores e grades agrícolas leves.
- ♦ Lançamento do solo por meio de caminhões-basculante Scania 113.
- ♦ Espalhamento do solo em camada de 0,22 m de espessura solta, com tratores CAT D6 ou motoniveladora CAT 140. A espessura da primeira camada, em contato com fundação rochosa, variou entre 0,20 m e 0,50 m, em função da irregularidade da superfície.
- ♦ Escarificação da camada com escarificador de patrôla CAT 140.
- ♦ Destorroamento do material com tratores Masey Ferguson 275 e grade Baldan com discos de 24".
- ♦ Nivelamento da camada com motoniveladora CAT 140.
- ♦ Compactação da camada com oito passadas do rolo Dynapac CP 260. Em áreas muito confinadas foram empregados soquetes pneumáticos.

**A laje do plinto foi executada em trechos de até 15 metros de extensão, com segmentos em diversas direções e método executivo adaptado em função da topografia do terreno.**

#### **4.3.2.4.4 Paramento de montante**

##### **a. Laje da face da barragem de enrocamento**

Concreto do plinto

A laje do plinto foi executada em trechos de até cerca de 15 m de extensão. Houve segmentos com diversas direções. O método executivo foi variado em função da topografia do terreno. Logo após a remoção do solo da trincheira, em busca de rocha sã, foram levantadas as seções para projetar a conformação definitiva. As barras dos chumbadores foram colocadas e injetadas logo após o término da escavação do encaixe na rocha e a definição do projeto definitivo com os recursos daquele serviço.

Inicialmente, lançou-se um concreto de regularização para cobrir as irregularida-

des da rocha. As formas laterais foram apoiadas sobre o concreto de regularização. Onde não foi possível utilizar formas industrializadas, optou-se por formas de madeira convencional. Na face de apoio da laje de revestimento da barragem, foi embutida a junta de cobre, que, por sua vez, foi protegida contra danos. Foram montadas a armação e os tubos-guia da injeção. Nas superfícies menos inclinadas os acabamentos superficiais foram produzidos com régua de madeira ou metálicas, apoiadas sobre guias tubulares. Onde a inclinação da face superior foi pronunciada, o acabamento superior foi obtido com auxílio de forma temporariamente fixa.

Sempre que possível o concreto foi lançado diretamente com a calha do caminhão-betoneira. Quando essa alternativa não se mostrou viável, devido a dificuldades de acesso, o lançamento foi feito com guindaste e caçamba – ou por bomba de concreto posicionada onde o caminhão-betoneira pusesse manobrar. Em razão da precariedade do acesso, a cura foi feita com composto tipo Curing. O serviço de injeção da rocha a partir do plinto foi iniciado logo após o término da cura do concreto.

#### Concreto da laje de revestimento

As lajes foram concretadas na seqüência líder e seguidor. Seqüência executiva:

- ♦ Assentamento dos berços de argamassa para apoio das juntas de vedação.
- ♦ Montagem da armação pré-armada.
- ♦ Concretagem da seção de laje.
- ♦ Montagem da junta Jenne e EPDM entre as lajes.

A seguir é descrito o método executivo de cada etapa da seqüência.

#### Concreto extrudado

O concreto extrudado utilizado no paramento montante da barragem principal foi usado em substituição à imprimação da face da barragem, proporcionando maior facilidade executiva.

- ♦ Principais vantagens: confinar a transição (reduzindo espessura da faixa), diminuir a permeabilidade da barragem principal e proporcionar superfície mais regular para a execução da laje de paramento em uma superfície regularizada.
- ♦ Método executivo: cada camada de concreto extrudado foi executada com uma altura de 0,40 m. Após cada uma delas, executou-se uma camada de transição T1 por meio do dispositivo conhecido por Arataca e, na seqüência, uma camada de enrocamento fino E0, compactando-se cada uma das faixas. Depois da execução de duas camadas subseqüentes de extrudado, transição T1 e enrocamento fino E0 – totalizando uma camada de 0,80 m de altura –, foi espalhada uma camada de enrocamento E1, compactando toda a camada.
- ♦ Recursos utilizados: uma máquina extrusora de concreto, duas betoneiras, um pedreiro, um ajudante, um operador de extrusora e dois motoristas.

**O concreto extrudado utilizado no paramento montante da barragem principal proporcionou maior facilidade executiva.**

**No paramento de montante, o concreto foi lançado nas lajes de paramento com auxílio de calhas feitas com tambores metálicos de 200 litros e estrutura de reforço para sua fixação à armação da laje.**

♦ **Produtividade:** o equipamento apresentou produtividade média de 19 m<sup>3</sup>/h.

#### Montagem da pré-armação

Sobre o concreto extrudado foram montadas a manta de polivinil, a junta de vedação de cobre e a forma da junta de construção. A armação das lajes foi pré-montada no pátio de armação e transportada pronta com auxílio de carreta, com capacidade de 30 t, para o topo do enrocamento, na elevação 480,50 m. As pré-armações foram conduzidas pela face do enrocamento até a sua posição final, num carro transportador. Esse carro de transporte era constituído por duas partes: a primeira, contendo rodas e direção, permaneceu na face da barragem para traslado da malha de pré-armação, fixada a uma treliça, que foi a segunda parte. A treliça teve função de fixar a malha de pré-armação desde o ponto de fabricação até o ponto de aplicação. Um guindaste de pneus posicionou a pré-armação nesse carro.

O concreto foi lançado nas lajes de paramento com auxílio de calhas. Essas calhas foram fabricadas a partir de tambores metálicos de 200 l, com estrutura de reforço para fixação dos mesmos à armação da laje. Cada calha pesava aproximadamente 10 kg e tinha 1,80 m de comprimento médio. A velocidade de posicionamento das calhas foi de aproximadamente 25 m/h. A alimentação da calha teve que ser gradativa, por meio de caminhão-betoneira, a uma média de 10 m<sup>3</sup>/h por calha. O concreto saía da central com slump 6A1 e chegava à forma com 5A1. Durante a concretagem de uma laje, foram necessários aproximadamente dez funcionários para operação e desmontagem das calhas. Foram utilizadas duas linhas de calha para concretagem das lajes, sempre com uma proteção de manta plástica sobre a armação, a fim de que ela não fosse atingida por respingos de argamassa.

#### 4.3.2.4.5 Proteção do talude de montante

A proteção dos taludes de montante dos diques 1 e 2 foi feita com *rip-rap*. Para a construção do *rip-rap*, a cada 4,0 m de subida do aterro da barragem (medidos na vertical), paralisava-se o lançamento do aterro numa faixa de cerca de dez metros de largura, junto ao talude de montante. Em seguida, por meio de um trator de lâmina CAT D8, procedia-se à remoção do material solto depositado sobre o talude até o *off-set* de projeto.

Depois desse processo, um gabarito de madeira era colocado a cada 30 m de extensão, na longitudinal, e era lançada a camada de transição, por meio de caminhões-basculante Scania 113E e do trator CAT D8 (espalhamento). Ao final do lançamento, o trator passava na região por seis vezes, para garantir certa compactação ao material e imbricamento dos blocos. Concluído o lançamento da camada de transição, posicionavam-se novamente os gabaritos e efetuava-se o lançamento dos blocos de *rip-rap*, de modo semelhante à execução da camada anterior. Os blocos da camada de *rip-rap* eram espalhados e arrumados, sem compactação.

#### 4.3.2.4.6 Proteção do talude de jusante

A proteção do talude de jusante dos diques 1 e 2 foi feita com revestimento vegetal, com a utilização da grama batatais, cultivada num viveiro formado no canteiro e transplantada em placas para o talude. As placas de grama foram retiradas do viveiro por meio de enxadas, com cerca de cinco centímetros de espessura, tomando-se o cuidado de deixar remanescentes de mudas para rebrotagem. O talude foi irrigado antes da colocação da grama. Após a fixação da grama com o auxílio de sarrafos, foi lançada sobre ela uma camada de terra vegetal, e mantida a irrigação nos períodos de estiagem.

### 4.3.3 Estruturas de concreto

A metodologia para a construção das estruturas de concreto foi desenvolvida para garantir industrialização da execução, melhora da qualidade e diminuição do desperdício. O projeto das estruturas favoreceu o uso de formas planas trepantes e deslizes, assim como o detalhamento de armaduras que puderam ser pré-armadas em forma de malhas ou de volumes de montagem simples. O concreto foi lançado com guindaste e çaçamba, por bombas com ou sem lança hidráulica e esteiras transportadoras. Para o acabamento de superfícies horizontais e inclinadas foram usados dispositivos de acabamento industrial para favorecer a qualidade e a produtividade.

- ♦ **Formas:** as formas utilizadas nas estruturas em camadas foram construídas de maneira que pudessem ser facilmente adaptadas para uso como apoiadas e trepantes, ou ainda em camadas de diversas alturas, sempre as mais altas permitidas pelas especificações. As paredes altas e de medidas praticamente constantes foram deslizadas. Antes da concretagem de cada camada, a forma montada foi verificada quanto ao posicionamento e à qualidade. Tipos de formas utilizados:
  - Formas trepantes: usadas nas paredes da casa de força, tomada d'água, ogiva, pilares e muros laterais do vertedouro.
  - Formas apoiadas: usadas na primeira camada.
  - Formas apoiadas de tela: usadas nas juntas de construção com passagem de armação. O compensado de revestimento da forma foi substituído por tela expandida. Em casos nos quais o paramento a ser concretado era elevado, como no caso das paredes da caixa espiral, os montantes da forma de tela foram emendados na altura.
  - Forma comum de madeira: usada como fecho de paredes e em qualquer lugar onde as formas industrializadas não eram aplicáveis.
  - Formas especiais: formas de projeto especial, utilizadas em locais onde as formas industrializadas não foram aplicáveis, devido a seu modelo. Exemplos dessa categoria: forma do tubo de sucção, mísulas contínuas de apoio de viga da ponte rolante, transições retangulares e circulares, revestimento da parte inclinada e horizontal do conduto de pressão.

**A metodologia para a construção das estruturas de concreto foi desenvolvida para garantir industrialização da execução, melhora da qualidade e diminuição do desperdício.**



- Formas de laje lisa ou com vigas de pequena altura.
  - Formas de laje com vigas de grande altura.
  - Formas deslizantes: utilizadas em paramentos de grande altura, que não alteram muito suas medidas transversais. A estrutura era alçada no menor espaço de tempo possível, como no caso das paredes de jusante acima do tubo de sucção e de montante da casa de força, liberando a ponte rolante para a montagem eletromecânica.
  - Formas de concreto pré-moldado: usadas em locais particulares onde o seu custo de fabricação compensou, como o teto de galerias, poços de acesso de pequena seção no vertedouro.
  - Formas para concreto secundário: formas de projeto especial que podem ser removidas logo após a pega do concreto.
  - Formas para concreto pré-moldado: foram usadas formas metálicas ou de madeira com projeto adequado ao sistema construtivo do pré-moldado.
- ♦ **Armação:** o preparo das barras foi feito no pátio de armação. O aço foi adquirido em barras de comprimento compatível com os gabaritos de transporte nas rodovias. As barras foram emendadas de topo sempre que o projeto ou a situação da obra indicava essa ação como favorável. As posições preparadas no pátio de ferro foram transportadas e descarregadas nas frentes de serviço com carretas, com capacidade de 25 t, além de guias ou guindaste de pneu da frente de serviço ou, ainda, com caminhões com guincho Munck. Antes da concretagem de cada camada, foi verificada a armação montada em relação à quantidade, ao posicionamento e à qualidade.
- ♦ **Preparo de concreto:** o concreto foi preparado na extremidade do canteiro industrial, próxima às estruturas de concreto. O transporte do concreto foi feito com caminhões *tibcret* com capacidade de 3 m<sup>3</sup> e caminhões-betoneira com capacidade de 5 m<sup>3</sup>.
- ♦ **Lançamento de concreto:** o concreto foi lançado por guias e caçambas ou por bombas de concreto com ou sem lança hidráulica. No caso de lançamento de pequenos volumes, como o concreto secundário das guias de comporta, o lançamento foi feito com auxílio de guinchos elétricos e caçambas montadas sobre guias apoiadas em andaime tubular. As bombas de concreto foram utilizadas no lançamento do concreto, na seção dentro do túnel da tomada d'água de desvio, nos tampões dos túneis de desvio, no revestimento da parte inclinada, nas transições, na segunda fase dos condutos de pressão, na segunda fase da casa de força e nos muros do coroamento da barragem de enrocamento.

**De modo geral, o concreto foi lançado por guias, caçambas e por bombas de concreto com ou sem lança hidráulica.**

O corte do concreto foi feito com auxílio de quatro bombas Partek, estacionadas uma em cada estrutura. A limpeza final para o lançamento do concreto foi feita com

espingarda de ar e água industrial.

A cura do concreto foi feita com água da rede industrial. A laje da face montante do enrocamento da barragem e os revestimentos dos condutos forçados foram curados com composto tipo Curing.

Os acabamentos de superfície foram executados por pedreiros qualificados para esse serviço. Foram utilizados diversos tipos de réguas, de tração manual, elétricas e autopropelidas, vibratórias ou não.

- ♦ **Embutidos:** na oficina de montagem foram preparadas as peças embutidas, como partes fixas de guias de comportas, tubos embutidos das redes de água, de esgoto e elétrica ou dos equipamentos da Usina. A montagem dessas peças foi feita pelos carpinteiros de montagem de formas, encanadores ou montadores.
- ♦ **Montagem de pré-moldados:** os pré-moldados utilizados como peças estruturais foram as vigas da ponte rodoviária sobre os pilares do vertedouro, lances de escadas de acesso, vigas do teto da tomada d'água e do teto do tubo de sucção. As peças de pequeno porte e grande quantidade foram fabricadas no pátio de pré-moldados e as vigas muito pesadas foram concretadas, preferencialmente, ao lado da via do guindaste de montagem. Os pré-moldados fabricados no pátio foram transportados por carretas para junto da grua da frente de serviço e montados pela mesma.

#### 4.3.3.1 Métodos construtivos

Os métodos executivos empregados na construção das estruturas de concreto, aqui descritos, abrangem desde as fases de escavação até a conclusão da obra.

##### 4.3.3.1.1 Escavação das fundações

###### a. Escavação em rocha a céu aberto

###### Desmontes convencionais

Com os desmontes convencionais foi conformado o maciço rochoso ao perfil de escavação estabelecido em projeto, resguardadas as faixas de rocha próximas aos níveis finais de fundação, escavadas numa segunda etapa, através de fogos mais cuidadosos (fogos de acabamento ou de contorno).

Os explosivos utilizados consistiram de gelatinas e lamas com alta densidade e potência. Para se obter uma razão linear de carregamento, ao longo da carga de coluna foram empregados espaçadores entre os explosivos, compostos por materiais inertes, tais como areia, argila ou madeira. Como materiais acessórios, foram empregados cordéis detonantes NP-10, espoletas e estopim, além de retardadores para espaçar o tempo de detonação entre furos ou linhas de furos.

**Na oficina de montagem foram preparadas as peças embutidas, como partes fixas de guias de comportas, tubos embutidos das redes de água, de esgoto e elétrica ou dos equipamentos da Usina.**

**Para a obtenção de blocos especiais de rocha com diâmetros entre 0,50 metro e dois metros foram utilizados explosivos de alta densidade, 60% de força e velocidade de detonação de 3.800 m/s.**

#### **Fogos de acabamento de taludes**

- ♦ **Pré-fissuramento:** foi utilizado em vários taludes finais. Em alguns, foram ocasionados *overbreaks* e *underbreaks*. Empregou-se, basicamente, explosivos de baixa densidade, com potência em torno de 40% e velocidade de detonação de 2.200 m/s. Na linha de projeto ou de pré-fissuramento foram empregados, como carga de coluna, explosivos de 7/8" x 14" ou 1" x 8" e, como carga de fundo, explosivos de 1 1/2" x 12" . De modo a uniformizar a distribuição da carga ao longo de cada furo, foram utilizados centralizadores ou mesmo o artifício de fixar os explosivos em ripas de madeira.
- ♦ **Pós-fissuramento:** foi o tipo de fogo mais utilizado no acabamento dos taludes finais de fundação, em todos os aspectos semelhante ao pré-fissuramento, salvo, evidentemente, no esquema de detonação adotado.

#### **Fogos de acabamento das fundações**

Representam os fogos executados para se atingir as cotas finais de fundação estabelecidas em projeto, cujas alturas máximas de bancada foram limitadas a 2,50 m, bem como os fogos de regularização e repés. Os explosivos utilizados nesses tipos de fogo tiveram baixa densidade e baixa velocidade de detonação, entre 2.200 m/s e 3.200 m/s.

#### **Fogos confinados**

Foram empregados na escavação de chavetas (trincheiras) e poços rasos. Nos dois casos foram previstas detonações com uma linha de pré-fissuramento ao longo do seu contorno. No desmonte de poços rasos a razão de carregamento foi de 200 g/m<sup>3</sup>.

#### **Fogos especiais**

- ♦ **Taludes do canal de fuga:** os fogos de acabamento dos taludes laterais do canal de fuga foram do tipo pré-fissuramento, porém com espaçamento diferenciado entre os furos da linha de projeto ao longo da profundidade. Esse expediente, que resultou num espaçamento maior entre os furos abaixo da elevação correspondente ao nível da água (N.A.) mínimo, propiciou uma sensível economia de custos, sem prejuízo do nível de acabamento dos taludes situados abaixo dessa elevação.
- ♦ **Obtenção de blocos especiais com diâmetros entre 0,50 m e dois metros:** o volume de blocos especiais obtidos em cada fogo foi de cerca de 40% do volume total de material escavado. Como carga de fundo foram utilizados explosivos de alta densidade, 60% de força e velocidade de detonação de 3.800 m/s. Como carga de coluna foram empregados explosivos de baixa densidade e velocidade de detonação de 3.100 m/s.
- ♦ **Sobreescavação:** as escavações em rocha realizadas nas fundações das estruturas de concreto ultrapassaram, em geral, os limites estabelecidos em projeto.

Assim, nas fundações do vertedouro obteve-se um valor médio de sobreescavação da ordem de 0,90 m, ao passo que na tomada d'água e na casa de força esse valor foi de 0,40 m.

- ♦ **Proteções sobre os fogos:** em alguns locais, para preservar a integridade das estruturas de concreto em construção, da subestação, da área de montagem e dos equipamentos em geral, em função da proximidade das escavações, foi necessária a utilização de proteções sobre os fogos, de modo a evitar possíveis arremessos de fragmentos de rocha sobre eles. As proteções consistiram no emprego de camadas de areia ou argila, de até um metro de espessura, telas de aço recobertas por pneus interligados por arame, pranchões de madeira e cabos de aço. Em locais de desmonte situados mais afastados das estruturas em construção, porém ainda com riscos de arremesso, procedeu-se à limpeza superficial dos materiais soltos e à utilização de fogos dirigidos.
- ♦ **Equipamentos:** para execução dos furos foram empregadas perfuratrizes rotopercussivas marca Atlas Copco, modelos Rock 600, 601, 701, 301 e AT-50, e marca Gardner Denver, modelos ATD-3/100 e 700, em geral com bits de 2 1/2" e 3". Nos fogos de regularização e repés foram utilizados, com frequência, martelotes tipo RH-658, com 1 1/2" de diâmetro.

Para a carga e transporte do material escavado foram utilizados, principalmente, os seguintes equipamentos: carregadeiras CAT 992B e CAT 998, tratores CAT D6, CAT D7, CAT D8 e CAT D9, retroescavadeiras CAT 225 e CAT 245, além de caminhões-basculante Scania 113E.

## **b. Escavação em rocha subterrânea**

### **Túnel**

O plano de desmonte adotado foi o de furos paralelos e pilão queimado, tipo Burn Cut. O carregamento de furos foi realizado de acordo com o tipo de rocha a ser escavado, mas, em geral, foram utilizados explosivos gelatinosos de 60% ou 70% de força no pilão e de 40% na linha de contorno. O avanço linear da seção do túnel também ocorreu em função da classe de maciço rochoso a ser escavado, porém, na grande maioria dos casos, foi de 1,60 m. O intervalo de tempo entre um fogo e outro variou entre cinco e 15 horas e estava relacionado, principalmente, com a maior ou menor distância de transporte do material escavado, além dos tipos de equipamentos empregados.

### **Poços profundos**

Inicialmente foi executado o pré-fissuramento das paredes dos poços, seguido da execução de um poço-piloto e, por fim, a escavação propriamente dita do poço, cujo material era lançado através do poço-piloto até o piso do túnel – e posteriormen-

**O intervalo de tempo entre um fogo e outro variou entre cinco e 15 horas, dependendo da distância de transporte do material escavado e dos equipamentos empregados.**

**Alguns locais da fundação mereceram tratamentos mais intensos, com escavações adicionais por meio de explosivos e, eventualmente, com o enchimento da trincheira escavada ao longo de falha com concreto estrutural.**

te removido. Abaixo desse nível o material escavado foi retirado por meio de talhas montadas no teto do túnel.

#### **Tratamentos de contenção**

Os tratamentos realizados na abóbada e nas paredes do túnel e poços profundos variaram de acordo com o tipo de maciço rochoso atravessado. Ao longo do túnel de drenagem a rocha apresentou, em geral, características de estabilidade favoráveis, o que restringiu os tratamentos de contenção, basicamente, à remoção de chocós e aplicação de tela metálica na abóbada. Quando o túnel atravessou rocha de pior qualidade, recebeu a aplicação sistemática de concreto projetado, além de camboteamento nos pontos necessários.

#### **Equipamentos**

A execução dos furos foi realizada por meio de perfuratrizes roto-percussivas marca Atlas Copco, modelo BBC-17W, com bits de 1 1/2" de diâmetro. Para o carregamento e transporte dos materiais escavados foram utilizadas basculantes *Dumper* e carregadeiras modelo Eimco 911 LHD. Para circulação de ar no interior do túnel foram utilizados ventiladores de 150,75 HP e 30 HP, além de um conduto de vinil de 0,80 m de diâmetro, instalado junto ao teto do túnel. A instalação elétrica era alimentada por uma rede de 380 V. No interior do túnel foram instalados, para utilização em caso de emergência, um gerador de 38 kVA e algumas baterias.

### **4.3.3.1.2 Tratamento das fundações**

#### **a. Tratamentos superficiais**

Inicialmente as superfícies das fundações foram submetidas à limpeza mecânica, por meio de tratores, pás-carregadeiras, tipo CAT 955, e retroescavadeiras, tipo Fiat S-90, que removiam os materiais rochosos grosseiros remanescentes das escavações a fogo. Em áreas confinadas das fundações, a remoção mecânica foi substituída por processo manual e os materiais soltos retirados por meio de guindastes tipo PH-525.

Os tratamentos superficiais propriamente ditos, que consistiram na remoção parcial de materiais de preenchimento de falhas, remoção de capas de falhas e de cunhas de rochas rasas e desconfinadas, bem como a limpeza final, foram executados por processo manual, com a utilização de pás, picaretas, alavancas (barras metálicas) e rompedores, juntamente com o emprego de monitores de ar comprimido e água. Alguns locais da fundação mereceram tratamentos diferenciados mais intensos, com escavações adicionais por meio de explosivos e, eventualmente, com o enchimento da trincheira escavada ao longo de falha com concreto estrutural.

## b. Tratamentos subsuperficiais

### Injeções

- ♦ **Equipamentos:** na execução dos furos da cortina de vedação, perfurados a partir de galerias situadas nas estruturas de concreto, junto à fundação, foram utilizadas perfuratrizes pneumáticas roto-percussivas, marca Atlas Copco, modelo BBE-57 e Gardner Denver, modelo Rock 601, ambas com lança reduzida e bits de 3" ou 3 1/2". Na execução dos furos exploratórios e primários da linha mais profunda da cortina, foi utilizada sonda rotativa Boyler, provida de motor elétrico, com diâmetros HX e NX. No tratamento de consolidação das fundações, realizado a céu aberto, foram utilizadas, principalmente, perfuratrizes roto-percussivas pneumáticas marca Gardner Denver. Os equipamentos empregados na injeção de caldas ou argamassas, bem como na realização de ensaios de perda d'água, foram os mesmos utilizados no tratamento das fundações da barragem e diques, descritos no item 4.3.2.
- ♦ **Trechos, métodos e pressão de injeção:** o método e os trechos de injeção foram idênticos àqueles aplicados nos furos executados nas obras de terra e enrocamento, apresentados no item 4.3.2. A pressão manométrica de injeção, entretanto, foi de 0,25 kgf/cm<sup>2</sup> por metro de profundidade, na vertical, a partir da boca do furo até o meio do trecho a ser injetado. Nos trechos onde as perdas d'água foram superiores a 1 l/min/m/atm e que, com o critério acima referido, não se observava absorção de calda, a pressão foi elevada até 0,50 kgf/cm<sup>2</sup> por metro de profundidade, exceto para o trecho final superior, onde a pressão de injeção foi limitada, em qualquer caso, a 0,20 kgf/cm<sup>2</sup>, ou por gravidade.
- ♦ **Materiais injetados e critérios de recusa:** inicialmente foi empregada calda com relação água : cimento, em peso, igual a 0,7:1 até a absorção de 500 kg por trecho de três metros. Atingido esse limite, utilizou-se a calda 0,6:1 até a quantidade máxima de mais 500 kg por trecho de três metros de furo. Alcançado esse limite, a operação de injeção era paralisada até que a calda iniciasse o processo de pega (duas horas), reiniciando-se com calda 0,6:1 até a quantidade máxima de 500 kg por trecho de três metros. Após duas horas, a injeção prosseguia com calda 0,6:1 ou, a critério da Fiscalização, com argamassa 0,6:1:1 (água : cimento : areia, em peso), com interrupções de duas horas a cada 500 kg de sólidos injetados por trechos de três metros, até a recusa.
- ♦ **Ensaio de perda d'água:** foram realizados ensaios de perda d'água sob pressão nos seguintes furos da cortina de vedação exploratórios e de controle, com cinco estágios de pressão (máxima equivalente a 0,25 kgf/cm<sup>2</sup> por metro de profundidade), em trechos de três metros; primários e terciários da última linha injetada, com um único estágio de pressão, correspondente à pressão máxima, em trechos de três metros de comprimento. Nos trabalhos de consolidação das fundações, foram realizados ensaios de perda d'água em todos os furos.

- ♦ **Drenagem:** na perfuração dos drenos da interface estrutura/fundação, executados a partir da camada de concreto de regularização, através de tubos embutidos, foi empregada perfuratriz roto-percussiva pneumática Gardner Denver, modelos Rock 301 e 601, com bits de 3” ou 3 1/2”. Os drenos executados a partir das galerias localizadas nas estruturas de concreto foram perfurados com os mesmos equipamentos empregados na realização dos furos da cortina de vedação, citados anteriormente, em geral, com 3” de diâmetro. Os drenos posicionados na galeria de montante das estruturas do vertedouro e tomada d’água foram perfurados de modo a atingir o teto do túnel de drenagem. A colocação de canaletas, tipo meia-cana, para a drenagem do contato estrutura/fundação, foi realizada, basicamente, sobre a camada do concreto de regularização. Entretanto, na laje a jusante do vertedouro, onde a quantidade de canaletas é maior que nos outros locais, elas foram instaladas diretamente sobre a fundação rochosa, a despeito da sua irregularidade topográfica. A adoção desse procedimento visou garantir maior facilidade de trafegabilidade sobre a camada de concreto de regularização, que permitiu, assim, o emprego de caminhões e tratores de esteira, agilizando a concretagem da primeira camada sobreposta à de regularização.
- ♦ **Túnel de drenagem:** os tratamentos de contenção, executados nas paredes e abóbada do túnel de drenagem, também variaram de acordo com o tipo de maciço rochoso atravessado, desde a simples remoção de chocos e colocação de tela metálica na abóbada até a utilização de camboteamentos.

#### 4.3.3.1.3 Estruturas de concreto

##### a. Seqüência de concretagem

Inicialmente foram concretadas as bases de apoio da ponte de concretagem. Após a instalação da ponte de concretagem, que serviu de apoio à operação de lançamento de concreto com os guindastes Peiner 1120/1121, foi iniciada a execução do concreto nas demais estruturas. Os recursos foram, no princípio, canalizados preferencialmente para as estruturas de desvio, iniciadas em dezembro de 1998. A laje de concreto da barragem de enrocamento teve início em abril de 1999 e a da casa de força foi iniciada quatro meses depois. Em janeiro de 2000, começou a concretagem da tomada d’água e do vertedouro.

##### b. Lançamento do concreto

###### Juntas de construção

Foram utilizados vários processos e meios para tratamento de juntas de construção:

- ♦ Jato de areia, aplicado em concretos com idade superior a sete dias.
- ♦ Jato com água sob alta pressão, usado sobre concreto com idade aproximada de sete dias.
- ♦ Corte verde, que consistiu na limpeza e lavagem da superfície do concreto recém-lançado com jatos de água e ar durante o processo de endurecimento (após a pega).
- ♦ Apicoamento, aplicado em concreto já endurecido em locais sem condições de corte de melhor qualidade.

### Equipamentos de transporte

O transporte do concreto da central de produção até os locais de lançamento foi realizado na sua maioria por caminhões Tib, com capacidade de três metros cúbicos ou betoneiras com capacidade de seis metros cúbicos.

### Equipamentos de lançamento

Dentre os vários tipos de equipamento de lançamento destacam-se os feitos com guias e guindastes como 1.000AS, Peiner 710, Liebherr-200, PH 1.050 e Luna 301C, entre outros.

### Sistema de comunicação

O sistema de comunicação adotado permitia que um operador de rádio na área de lançamento fizesse o pedido do concreto à central. Assim, os caminhões de transporte saíam da central portando uma placa que identificava o traço e o equipamento de lançamento.

### Métodos de lançamento

Os métodos de lançamento de concreto utilizados na obra foram determinados em função do volume de concreto e das condições de acesso à área. No início da obra foram utilizados guindastes sobre pneus, dispostos de forma a atingir a maior área possível. Com a execução dos trilhos e instalação das guias, o lançamento do concreto passou a ser executado também por esses meios. Em zonas de difícil acesso – como nas concretagens do envolvimento das caixas espirais das unidades geradoras principais, no revestimento de túneis e na execução de tampões – foram lançados concreto e argamassa por bombas de 60 m<sup>3</sup>/h.

### Adensamento do concreto

O processo de adensamento utilizado ocorreu em função das características da mistura do concreto (trabalhabilidade, consistência, diâmetro do agregado, características e dimensões das armaduras, embutidos, formas etc). Dentre os processos utilizados, podem ser citados:

- ♦ Adensamento por vibração na superfície, utilizado em pavimentação.
- ♦ Adensamento próprio (auto-adensamento), em locais de difícil acesso.
- ♦ Adensamento por vibradores de imersão de agulha com diâmetro de até 150 mm.

**O adensamento do concreto ocorreu por vibração na superfície, por auto-adensamento e pelo uso de vibradores de imersão de agulha com diâmetro de até 150 mm.**



### Proteção e cura do concreto

Os métodos adotados foram a cura com água e a cura química. A cura com água, para manter a superfície continuamente molhada, consistia na utilização de nebulizador, tubo perfurado e jato d'água. A cura química, restrita às regiões de difícil acesso, consistia em aplicação de um agente químico (Curing), que criava uma membrana retentora de água. O consumo mínimo do agente químico em cada demão foi de 1 l/m<sup>2</sup>.

### c. Planos de concretagem

A seguir são descritos alguns planos de concretagem de relevância adotados na execução das estruturas de concreto.

#### Guias das comportas de desvio

A concretagem foi iniciada pelas guias verticais. A travessa frontal da guia e a contravassal foram concretadas após cerca de 12 horas do lançamento das guias verticais.

#### Casa de força – concreto de 2º estágio de envolvimento do caracol

O lançamento do concreto secundário de enchimento da caixa espiral obedeceu às seguintes etapas:

- ♦ Concretagem dos berços para teste de pressão da espiral.
- ♦ Execução do piso da galeria anelar de inspeção do mancal das palhetas.
- ♦ Lançamento seqüencial entre berços definidos, por setores.
- ♦ Concretagem do *block-out* do tampão de teste da espiral.

### d. Acabamento e impermeabilizações

#### Acabamento de superfícies hidráulicas

Em razão da utilização de vários tipos de formas e de grandes áreas das superfícies hidráulicas, surgiram algumas áreas críticas que exigiram maiores tolerâncias de acabamento. Foram verificadas irregularidades nas soleiras das bocas-de-sino da tomada d'água, junto às peças fixas das comportas de segmento e comportas-ensecadeira. Tais irregularidades mereceram avaliações e inspeções nos primeiros anos de operação, para verificação de eventuais problemas com o rendimento hidráulico das máquinas.

#### Acabamento nos edifícios da casa de força e da área de montagem

O acabamento nos edifícios da Usina foi escolhido em função de diversos fatores, tais como forma da estrutura, deformações aceitáveis pela estrutura, condições ambientais – grandes diferenças de temperatura, fortes precipitações, umidade, incidência de raios solares, os quais influíram no efeito estético e também no custo.

#### Impermeabilização

O sistema de impermeabilização adotado para o piso da subestação elevadora foi composto de várias camadas:

- ♦ Camada de isolamento térmico, composta de argamassa leve desenvolvida no

O acabamento nos edifícios da Usina foi escolhido em função de diversos fatores, tais como forma da estrutura, deformações aceitáveis pela estrutura, condições ambientais – grandes diferenças de temperatura, fortes precipitações, umidade, incidência de raios solares, os quais influíram no efeito estético e também no custo.

laboratório de concreto da obra, destinada a proteger o sistema contra as diferenças de temperatura, além de propiciar maior conforto.

- ♦ Manta de impermeabilização de PVC protegida por um berço de amortecimento mecânico, executado abaixo e acima da manta, cuja estanqueidade era garantida por um aparelho cata-poros.
- ♦ Camada de proteção mecânica, composta de argamassa 1:3, com a finalidade de proteger a integridade da membrana impermeável.

#### 4.3.3.2 Controle de qualidade

##### 4.3.3.2.1 Escavação em rocha

###### a. Controle de explosivos e acessórios

Para fins de dimensionamento da carga nos fogos, foi estabelecido um controle rotineiro do peso do explosivo, por amostragem de lotes, para se definir o peso médio do cartucho, por fabricante. Com as espoletas de retardo de 20 ms, 30 ms, 50 ms e 100 ms, passíveis de falhas técnicas, foram feitos testes rotineiros com o emprego do sismógrafo. Dos acessórios usados, tais como cordel detonante NP-10, NP-40, estopim, espoletas elétricas da Mantimilli e Mantempo, e os retardos de 10 ms, 20 ms, 30 ms, 50 ms e 100 ms, foram testadas as espoletas elétricas e os retardos para verificação dos seus tempos. Os paióis dos explosivos e acessórios foram inspecionados periodicamente, para verificação do estado de conservação e estocagem.

###### b. Controle de vibração

A partir da caracterização dinâmica do maciço rochoso, foi estabelecido o critério de Devine para o cálculo do peso dos explosivos utilizados nos desmontes, em função da velocidade de partículas e da distância entre os pontos de detonação e de captação. A equação ajustada conforme esses critérios foi:

$$D \cdot Q^{-0.5} = 23,095 V_r^{-0.565}, \text{ onde}$$

D = distância em metros entre o ponto de captação e o local da explosão

Q = carga de explosivos por espera, em kg

$V_r$  = resultante das velocidades de partículas em cm/s

Os limites de velocidade estabelecidos para as estruturas de concreto foram:

Idade do concreto (dia)	$V_r$ (cm/s)
0 a 2	3,00
2 a 4	5,00
4 a 7	7,00
Acima de 7	10,00

No caso da proximidade com as estruturas concretadas, adotou-se o critério de

**A partir da caracterização dinâmica do maciço rochoso, foi estabelecido o critério de Devine para o cálculo do peso dos explosivos utilizados nos desmontes.**

carga baseado em Langefors e Kihlstrom.

$$Q \cdot D^{-1,50} = 0,12 VR^{1,003}$$

Nesse caso, os limites de velocidade adotados, para distâncias inferiores a cinco metros das estruturas de concreto, foram, respectivamente, de 6,0 cm/s, 10,0 cm/s, 14,0 cm/s e 20,0 cm/s para idades de zero a dois dias, dois a quatro dias, quatro a sete dias e acima de sete dias.

#### **c. Acompanhamento do método executivo**

O primeiro controle de campo consistiu no acompanhamento da limpeza mecânica da superfície do topo rochoso, para posterior nivelamento topográfico da superfície limpa. O nivelamento topográfico foi posteriormente utilizado para o cálculo de volumes escavados e a escavar.

Após a marcação das malhas e profundidades de furação pela topografia, foi feita a verificação dos posicionamentos das hastes das perfuratrizes, que consistia na conferência das inclinações e alinhamentos em relação à bancada de desmonte.

Concluída a furação, as profundidades dos furos foram verificadas individualmente, assim como o seu carregamento com explosivos e espaçadores. Os esquemas de ligação das espoletas de retardo foram cuidadosamente verificados.

#### **d. Outros procedimentos**

O processo de controle de qualidade também incluiu a análise e aprovação dos planos individuais de perfuração e de fogo, bem como a seleção dos materiais pétreos, o plano viário, estocagem e conferência geral dos volumes.

### **4.3.3.2.2 Obras de concreto**

#### **a. Controle das amostras de recepção**

##### *Cimento*

A coleta de amostras para os ensaios de recepção foi realizada na frequência de uma amostra a cada 176 contêineres (aproximadamente 265 t) de uma mesma marca de cimento, composta de 15 amostragens, de 15 contêineres distintos.

##### *Material pozolânico*

A coleta de amostras para ensaios de recepção foi realizada na frequência de uma amostra a cada 108 contêineres (aproximadamente 216 t), composta de amostragens parciais coletadas de 15 contêineres distintos.

##### *Aditivos*

Para os ensaios de recepção dos aditivos, realizavam-se amostragens em cada tambor de 200 kg, das quais era composta uma amostra a cada 15 tambores.

##### *Aços e emendas*

Ao chegarem no canteiro da obra, as partidas de aço já recebidas com certi-

ficado de qualidade de laboratório idôneo foram novamente submetidas a verificações (ensaios de recepção). Os ensaios de tração, dobramento e verificação de bitola foram os preconizados pela ABNT, de forma que cada amostra tinha comprimento de 1,9 m.

Vários processos de emendas de barras de aço foram usados na obra:

- ♦ Emendas por traspasse (justaposição).
- ♦ Emendas por dupla sobreposição ou cobrejunta.
- ♦ Emenda topo a topo com luva, com luva prensada (CCL) e com luva rosqueada (Lenton).
- ♦ Emenda topo a topo por caldeamento (Schlatter).

Amostras de 1,6 m de comprimento eram retiradas a cada 40 emendas executadas.

#### Elastômeros

Foram usados dois tipos de elastômero: aparelhos de vedação (mata-juntas) e aparelhos de apoio. Esses materiais eram recebidos pela obra, juntamente com os certificados de ensaios realizados pelo fabricante e pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

#### b. Ensaios de controle

Independentemente de os ensaios de recepção liberarem os materiais para o uso, eles eram submetidos a novos ensaios, conforme periodicidade preestabelecida, nos locais de sua utilização. Os ensaios de controle tinham por função ratificar os resultados anteriores, além de determinar a qualidade do produto em utilização.

#### Cimento

Os ensaios de controle foram executados em amostras coletadas em dias alternados nas balanças das centrais de concreto e, duas vezes por semana, na central dosadora (pátio de pré-moldados).

#### Material pozolânico

Como o cimento, as amostras para os ensaios de controle de material pozolânico foram coletadas em dias alternados e formadas por amostragem realizada em cada central de concreto. Na central dosadora, as amostras eram coletadas duas vezes por semana.

#### Água e gelo

A água utilizada no amassamento dos concretos e fabricação de gelo, oriunda dos poços artesianos, recebeu tratamento. Os ensaios de controle da água foram executados em amostras semanais e quinzenais para a caracterização do gelo.

#### Aditivos

Os ensaios de controle, por tipo de aditivo, foram realizados semanalmente por meio da composição de amostras diárias coletadas nos tanques dos depósitos das centrais de concreto.

**Independentemente de os ensaios de recepção liberarem os materiais para o uso, eles eram submetidos a novos ensaios, conforme periodicidade preestabelecida, nos locais de sua utilização.**

#### Agregados

A areia teve sua granulometria assegurada por intermédio de ensaios realizados de hora em hora. A umidade era controlada com uma frequência média de 30 minutos. O controle do agregado graúdo foi realizado a partir de amostras diárias coletadas nas balanças das centrais de concreto.

#### c. Controle da produção de concreto

O controle de qualidade na produção do concreto envolvia a aferição das balanças, o controle das propriedades do concreto fresco (temperatura e densidade ou determinação da trabalhabilidade) e o controle de temperatura, pega, consistência, ar incorporado e exsudação.

##### Aferição das balanças

O controle da produção do concreto iniciava-se pela aferição das balanças responsáveis pela pesagem dos materiais constituintes do concreto. A aferição, denominada estática, era feita mensalmente através de pesos padrões, e as balanças eram liberadas caso estivessem dentro dos limites.

##### Controle das propriedades do concreto fresco

O controle do concreto fresco envolve propriedades que definem desde a temperatura de produção até densidade do concreto, em seu estado plástico, e visa determinar a uniformidade característica de um específico traço do concreto. Foram realizados ensaios rápidos com a mistura fresca, com intervalo de 30 minutos, com o objetivo de determinar a trabalhabilidade para o lançamento.

#### d. Controle das propriedades do concreto endurecido

##### Ensaio de compressão axial simples

Uma amostra composta de oito exemplares cilíndricos de 15 cm x 30 cm era coletada a cada 250 m<sup>3</sup> de concreto – ou fração de um mesmo traço – e a cada 40.000 m<sup>3</sup> de um mesmo traço. De maneira geral o controle dos concretos produzidos na obra situou-se nas faixas de bom a excelente, dentro do padrão preconizado pela ACI Standard Recommended Practice for Evolution of Compression Test Results of Field Concrete (ACI214).

#### e. Controle de protensão

##### Ensaio de injeção em modelos em verdadeira grandeza

Para montagem do modelo em verdadeira grandeza, para os pilares e vigas-munhão do vertedouro, foi construída uma estrutura tubular. A montagem dos cabos foi feita rigorosamente de acordo com as indicações e tolerâncias previstas no projeto executivo. Para fixação das ancoragens foram executados blocos de concreto. A mesma calda utilizada em todos os ensaios correspondeu plenamente em todos os

**Foram realizados ensaios rápidos com a mistura fresca do concreto, em intervalos de 30 minutos, com o objetivo de determinar a trabalhabilidade para o lançamento.**

aspectos, destacando-se a baixa exsudação e ótima manutenção de fluidez, indispensáveis a uma perfeita injeção.

#### *Avaliação dos serviços no campo*

Após a execução da protensão e injeção em alguns pilares e vigas-munhão do vertedouro, aplicando a metodologia aprovada para os cabos longitudinais, observou-se que o processo era tecnicamente satisfatório, mas a reinjeção limitava a produção ao máximo de oito cabos por turno de trabalho. Essa produção onerava os custos e poderia comprometer o cronograma.

A construtora, com o objetivo de minimizar os prazos e os custos na execução dos serviços, propôs a substituição da operação de reinjeção, executada na extremidade jusante do cabo, pelo uso de efeito chaminé. Para tanto, foram realizados novos ensaios em verdadeira grandeza para verificar a eficiência e o nível de qualidade já obtido com o uso da reinjeção. Após a avaliação dos resultados obtidos com os testes, verificou-se que o efeito chaminé não trouxe, sob nenhum aspecto, prejuízo técnico ao processo a ser adotado na estrutura definitiva. A utilização dessa metodologia conduziu a vantagens significativas tanto em custos e prazos quanto no aspecto técnico.

**Os guindastes Peiner tiveram participação importante na montagem dos equipamentos hidromecânicos da tomada d'água, das comportas-ensecadeira e comportas de emergência e partes metálicas embutidas no concreto primário das turbinas hidráulicas principais.**

### **4.3.4 Montagem eletromecânica**

#### **4.3.4.1 Métodos executivos**

##### **4.3.4.1.1 Equipamentos de elevação e transporte**

###### **a. Guindaste Peiner VTN 1120 / 1121**

Esses guindastes tiveram participação importante na montagem dos equipamentos hidromecânicos da tomada d'água, das comportas-ensecadeira e comportas de emergência e partes metálicas embutidas no concreto primário das turbinas hidráulicas principais.

###### **b. Guindaste pórtico da tomada d'água 850 kN/150 kN**

O guindaste pórtico 850 kN/150 kN foi utilizado na montagem das comportas de emergência da tomada d'água, quando da descida dos elementos da comporta pela ranhura, e também no içamento da comporta até a câmara de manutenção para o emborrachamento e montagem do servomotor de acionamento.

###### **c. Pontes rolantes principais da casa de força – 5.000 kN/500 kN**

As duas pontes rolantes principais da casa de força foram empregadas na montagem de todas as peças das turbinas hidráulicas principais – não-embutidas no concreto – e na montagem de todas as peças pertencentes aos geradores principais e equipamentos auxiliares da Usina.

**Os elementos das comportas de segmento foram pré-montados dois a dois no canteiro de montagem eletromecânica e lançados pelo guindaste Peiner nos vãos do vertedouro.**

#### **4.3.4.1.2 Equipamentos eletromecânicos da Usina**

##### **a. Equipamentos hidromecânicos dos túneis de desvio**

Os túneis de desvio inferiores foram equipados com comportas do tipo vagão-ensecadeira destinadas ao fechamento final. A movimentação e a descida das comportas se deu com o auxílio de guindastes móveis.

##### **b. Equipamentos hidromecânicos do vertedouro**

Comportas de segmento e comportas-ensecadeira

As comportas de segmento e comportas-ensecadeira tiveram suas montagens iniciadas pelas peças fixas de segunda concretagem. O lançamento e o posicionamento inicial das peças fixas foram feitos com o auxílio do guindaste Peiner VTN 1120/1121, desde o caminhão de transporte, estacionado na ponte de concretagem, até as ranhuras nos blocos.

Os suportes dos munhões das comportas foram lançados pelo guindaste Peiner e fixados às vigas-suporte por parafusos e chumbadores. Após o posicionamento com o aperto dos parafusos de regulagem, foi realizado um levantamento topográfico. Os dois suportes do munhão foram analisados em conjunto, a fim de garantir que não ocorressem desvios e que o eixo de rotação de cada comporta fosse o mesmo nos dois munhões, sem estarem sujeitos a movimentos indesejáveis.

Os suportes dos servomotores foram lançados no recesso apropriado – situado nos pilares do vertedouro – com o auxílio do guindaste Peiner, para posterior posicionamento e fixação por meio de tirantes, porcas e contra-porcas.

No canteiro de montagem eletromecânica, os elementos das comportas de segmento foram pré-montados dois a dois, para posterior lançamento pelo guindaste Peiner nos vãos do vertedouro. A união entre elementos no vertedouro foi realizada com solda elétrica manual. A montagem dos braços das comportas foi executada no local de trabalho. O guindaste Peiner lançou e posicionou os elementos desses braços.

##### **c. Equipamentos hidromecânicos da tomada d'água e dos túneis forçados**

Conduitos forçados

A pré-montagem dos anéis dos conduitos forçados foi realizada no canteiro de montagem eletromecânica, na seqüência a seguir descrita:

- ♦ União das chapas já calandradas, recebidas de fábrica, para a formação de anéis, por meio de soldas longitudinais – com a utilização do processo semi-automático Vertomatic.
- ♦ União entre anéis para formar virolas, através de soldas circunferenciais, pelo processo semi-automático Circomatic. Na montagem entre virolas, utilizou-se solda elétrica manual. O içamento e o lançamento das virolas do conduto forçado sobre o berço de apoio e fixação utilizou o guindaste Peiner, para a montagem final.

#### Grades de proteção da tomada d'água

A montagem das grades de proteção da tomada d'água obedeceu à seguinte sequência: pré-montagem dos painéis, montagem dos detectores de perda de carga e montagem das peças fixas de guia de apoio dos painéis de grades – compostas por uma soleira, guias laterais e viga frontal.

#### Comportas de emergência da tomada d'água

A montagem dos elementos das comportas de emergência teve início com a descarga dos elementos da carreta – com um guindaste Peiner – na ponte de concretagem. Depois, foi feito o lançamento dos elementos no coroamento da tomada d'água, também com guindaste Peiner. Ao final, houve a descida, por meio do pórtico 850 kN/150 kN, dos elementos para posicionamento das placas de apoio, montagem da vedação, regulagem das rodas e montagem do servomecanismo.

#### d. Equipamentos eletromecânicos da casa de força

##### Turbinas hidráulicas

A montagem das turbinas hidráulicas principais começou com a pré-montagem das blindagens no canteiro de montagem eletromecânica. Mais tarde, a montagem passou aos poços das turbinas, ancoradas no concreto de primeiro estágio, que constituem a blindagem dos septos e tubos de sucção. As blindagens foram lançadas nos poços da turbina pelo guindaste Peiner.

##### Pré-distribuidor e caixa espiral

As partes do pré-distribuidor foram preparadas no canteiro de montagem eletromecânica, para posterior lançamento com guindastes Peiner no poço da turbina. As virolas da caixa espiral foram todas pré-montadas no canteiro de montagem eletromecânica para posterior lançamento no poço com o guindaste Peiner, o que possibilitou suas uniões através de solda às partes do pré-distribuidor. Nesse processo, utilizou-se solda manual elétrica.

##### Revestimento do poço da turbina

A blindagem, constituída por segmentos circulares nervurados externamente para ancoragem no concreto, foi montada sobre um gabarito devidamente contraventado, a fim de manter a sua forma durante a solda e transporte.

Anel inferior, tampa da turbina, cone de apoio do mancal de escora, rotor e eixo da turbina

- ♦ Anel inferior: é constituído por dois semicírculos acoplados por meio de nove hastes com extremidades rosqueadas, porcas e contra-porcas. Todo o processo foi executado na área de montagem da casa de força, sobre pilares previamente executados. A fixação do anel inferior ao anel de descarga foi feita com a utilização de 52 tirantes rosqueados e 26 pinos-guia.

**A montagem das turbinas hidráulicas principais começou no canteiro de montagem eletromecânica e, depois, passou para os poços das turbinas. As blindagens foram lançadas nos poços da turbina pelo guindaste Peiner.**



- ♦ Tampa da turbina e cone de sustentação do mancal de escora: a tampa da turbina é constituída por dois segmentos circulares que foram pré-montados na área de montagem, sobre base previamente nivelada. Sobre a tampa da turbina, também na área de montagem, foi montado e soldado o cone de sustentação do mancal de escora, com emprego de solda elétrica manual. Posteriormente à pré-montagem, o conjunto tampa da turbina e cone de sustentação do mancal de escora foi içado e transportado para o poço pelas pontes rolantes principais 5.000 kN/500 kN.
- ♦ Roda e eixo da turbina: pré-montados na área de montagem, a roda e o eixo da turbina seguiram para posterior desmontagem e lançamento individual no poço da turbina. O acoplamento roda-eixo foi feito no poço por meio de 20 parafusos.
- ♦ Distribuidor da turbina: a montagem do distribuidor teve início com a colocação de 26 pás diretrizes em seus mancais inferiores, devidamente apoiados sobre o anel inferior. A operação seguinte foi a descida da tampa e cone de sustentação do conjunto mancal-guia superior e escora. Em seguida foram montadas as bie-las sobre o munhão superior das pás diretrizes, às quais acoplaram-se os servo-motores de seu acionamento. Posteriormente foram montadas, sobre as bie-las, as chapas destinadas a receber as hastes de sincronização do distribuidor.
- ♦ Montagem dos mancais-guia e de escora inferior da turbina: o mancal-guia foi montado sobre a tampa da turbina. Foram também montados os patins, as tubulações de água e óleo e os detectores de temperatura. Após o ajuste dos patins sem folga, para garantir a verticalidade do eixo, foi iniciada a montagem do mancal de escora pelos suportes dos patins, seguida da montagem do colar.

#### e. Geradores

##### Estator

- ♦ Estrutura do estator: a montagem da estrutura suporte do estator obedeceu à seqüência a seguir:
  - Posicionamento dos calços na base.
  - Posicionamento dos segmentos da carcaça sobre os calços, com folga entre os elementos para preparação das juntas.
  - Acoplamento dos segmentos por meio de tirantes rosqueados, unindo "orelhas" provisórias soldadas na carcaça. O ajuste da carcaça foi realizado por meio do nivelamento dessa estrutura, com a utilização de nível ótico, centragem e soldagem da estrutura. A soldagem da carcaça envolveu basicamente a preparação das juntas, o controle dimensional da estrutura, a solda das juntas dos flanges, a montagem e solda das tampas superior e inferior das chapas V e a solda de chapas de fechamento.
- ♦ Núcleo magnético: o núcleo do estator é constituído de lâminas empilhadas no diâmetro interno da carcaça e guiadas pelas barras de cauda de andorinha. O

**O núcleo do estator é constituído de lâminas empilhadas no diâmetro interno da carcaça e guiadas pelas barras de cauda de andorinha.**

empilhamento obedeceu a uma seqüência que envolveu a montagem dos flanges e dedos de apertos inferiores e o ajuste da sua inclinação, o posicionamento dos calços calibrados na face frontal das barras-guia, o empilhamento das lâminas, a medição das ranhuras, a prensagem por etapas e a prensagem final.

- ♦ **Enrolamento do estator:** o enrolamento do estator é do tipo barras Roebel, com condutores completamente transpostos no comprimento da ranhura. Todos os condutores de uma mesma barra foram soldados em uma conexão comum e uma capa isolante moldada em fibra de vidro foi colocada sobre cada conexão série. O isolamento dos condutores, aplicado continuamente, foi feito com a combinação de fibras de vidro e fibras de poliéster. Os aterramentos foram aplicados em camadas contínuas, transpostas e ligadas entre si por uma resina especial. A camada protetora incluiu uma proteção contra corona, sobre toda a parte da ranhura, e nenhum material celulósico (papel, algodão etc.) já usado. Um composto de borracha silicone semicondutora foi moldado em ambos os lados da barra para ser um enchimento de interferência quando a barra fosse inserida na ranhura.

Cada ranhura do anel magnético do estator comportou duas barras isoladas, que compõem a parte inserida da bobinagem no anel magnético do estator. Para identificação, as barras foram designadas por barra interna, aquela que fica alojada no fundo da ranhura, e barra externa, a que fica alojada sobre a primeira.

As soldas entre as barras de ligação e as barras isoladas foram executadas por meio de resistência elétrica como fonte calorífica e a adição de solda em fita de prata com acabamento em vareta. Para arrefecimento rápido das barras soldadas, de modo que a temperatura não danificasse o isolamento, foi instalado um circuito de ar comprimido que atuava sobre a zona crítica. A seguir, as barras internas foram introduzidas nas ranhuras do anel magnético e posteriormente amarradas aos anéis, superior e inferior, por meio de fita impregnada com resina.

#### **Rotor do gerador**

A operação de solda da carcaça do rotor teve início com a solda do cubo do rotor, onde foram soldadas as emendas verticais entre o cubo e os segmentos da carcaça e posteriormente soldados os discos superiores e inferiores dos segmentos. O processo de empacotamento e prensagem das chapas da coroa do rotor obedeceu à mesma técnica e seqüência do anel magnético do estator.

### **4.3.4.2 Controle de qualidade na montagem eletromecânica**

#### **4.3.4.2.1 Controles realizados durante a montagem**

Os controles realizados durante a montagem envolveram basicamente três ativi-

dades: controle de solda por radiografia e ultra-som, controle de qualidade na instalação dos equipamentos auxiliares mecânicos e elétricos da Usina e, por último, verificação da qualidade da pintura dos equipamentos. A seguir é descrita de forma sucinta sua abrangência.

**a. Controle de solda por radiografia e ultra-som**

Na radiografia utilizou-se como fonte radioativa o Irídio 192, em função das chapas empregadas nos equipamentos da Usina estarem na faixa de dez a 60 mm. No controle por ultra-som, utilizou-se o método de reflexão técnica de contato, com a finalidade de localizar defeitos em soldas e em chapas metálicas.

Os procedimentos adotados para controle de qualidade dos cordões de solda foram os seguintes: inspeção visual, verificação com líquido penetrante, utilização de ultra-som, gamagrafia para identificação dos defeitos e sua extensão, teste de estanqueidade (quando aplicável) e teste hidrostático (quando aplicável).

**b. Controle adotado na instalação dos equipamentos auxiliares mecânicos e elétricos**

O controle de qualidade realizado para inspeção dos equipamentos auxiliares consistiu, em linhas gerais, nos seguintes procedimentos:

- ♦ Verificação e comparação da folha de dados do equipamento com sua placa de identificação.
- ♦ Verificação e inspeção da montagem do equipamento em conformidade com as instruções do fabricante e especificações de projeto.
- ♦ Verificação e inspeção das diversas partes e peças do sistema quanto à sua conformidade com as especificações de projeto.
- ♦ Execução de todos os testes requeridos pelas especificações de projeto e do fabricante.
- ♦ Verificação e inspeção da pré-operação e operação do sistema em conformidade com as instruções do fabricante.

**c. Verificação da qualidade da pintura dos equipamentos**

Limpeza das superfícies

Foi realizada inspeção visual de forma a verificar a ausência de poeira, óleos, pontos de corrosão e outras substâncias.

Inspeção da película de pintura

Quanto ao aspecto, foi verificada a ausência de empolamento, enrugamento, bolhas, fendas, impregnação de abrasivos e descascamento. Quanto à aderência, foram efetuados testes após a secagem de cada demão.

Os controles de qualidade na montagem eletromecânica envolveram basicamente controle de solda por radiografia e ultra-som, controle de qualidade na instalação dos equipamentos auxiliares mecânicos e elétricos da Usina e, por último, verificação da qualidade da pintura dos equipamentos.

Dispositivos utilizados para controles dimensionais

Os controles dimensionais das diversas partes dos grupos turbina-gerador foram executados por meio de dispositivos fornecidos pelos próprios fabricantes.

#### 4.3.4.2.2 Tolerâncias de montagem

Foram realizados levantamentos topográficos e medidas as folgas durante a montagem do grupo turbina-gerador. As tolerâncias de montagem exigidas foram cumpridas para os equipamentos hidromecânicos da tomada d'água, vertedouro e casa de força.

#### 4.3.4.2.3 Ensaios e testes realizados em equipamentos

Os principais testes realizados, quando da montagem eletromecânica, foram:

- ♦ Teste de carga da ponte rolante 5.000 kN/500 kN, para verificação do desempenho do equipamento.
- ♦ Teste de pressão nas caixas espirais das turbinas hidráulicas, para alívio de tensões internas provenientes das soldas, assim como a análise do comportamento elástico da caixa espiral e pré-distribuidor.
- ♦ Teste de indução do anel magnético do estator, que teve como finalidade detectar eventuais deficiências do empilhamento do anel magnético, tais como falta de isolamento entre chapas e falta de prensagem.

## 4.4 Informações complementares

### 4.4.1 Relação qualitativa e quantitativa dos principais equipamentos usados na obra

Os equipamentos, veículos e máquinas mobilizados para a construção das obras de terra, rocha e concreto, para a operação do canteiro industrial e para montagem dos equipamentos eletromecânicos são relacionados nos itens a seguir.

**As tolerâncias de montagem exigidas foram cumpridas para os equipamentos hidromecânicos da tomada d'água, vertedouro e casa de força.**

## 4.4.1.1 Obras de terra e rocha

Tabela 4.4

## Equipamentos nas obras de terra e rocha

Descrição do equipamento	Quantidade
Escavadeira hidráulica esteira Liebherr R-942HD	6
Motoniveladora FiatAllis FG-105A "b"	1
Perfuratriz hidráulica Ranger 500	7
Bomba Aliva AL 262	1
Perfuratriz esteira Tamrock Commander 300	2
Escavadeira hidráulica esteira FiatAllis FH200	4
Perfuratriz hidráulica Commander imp. 35/98	1
Caminhão basculante Volvo NL10-320	20
Escavadeira hidráulica esteira Liebherr R-954	5
Escavadeira hidráulica rodas/pneus FiatAllis FH200W	2
Manipulador carga Manitou MT-1337	1
Caminhão basculante Scania P-114 CB6X4NZ	10
Máquina projetar concreto Aliva AL-262	1
Trator esteira CAT D8R 9EM00741	1
Trator esteira CAT D8R 9EM00745	1
Caminhão-carroceria Ford F-4000 cabine dupla	3
Compactador vibratório Fiatallis 2520D	2
Carregadeira pneu CAT 950G	1
Caminhão basculante articulado Volvo A25C	19
Caminhão basculante Randon RK-425	10
Carregadeira Liebherr I574 Litronic	11
Trator esteira Liebherr PR 732B Litronic	1
Trator esteira Liebherr PR 752 Litronic	5
Trator CAT D6D PS36C	2
Trator esteira CAT D6E PS 2MJ	1
Trator esteira CAT D6R XL6MR	2
Trator esteira CAT D6R XL	1
Trator esteira CAT D6RXL 7GR	1
Trator esteira CAT D8K77V	3
Trator esteira CAT D8R9EM RP	4
Trator esteira CAT D8 R	1
Trator agrícola MF MF297/4 HIDR	1
Trator agrícola MF MF630/4 HIDR	2
Carregadeira pneu CAT 988 B 50W	3
Carregadeira pneu Copco/Wagner ST 35	1
Retroescavadeira (trator pneu industrial MF MF86)	2
Retroescavadeira (trator pneu industrial CASE 580H)	2
Retroescavadeira (trator pneu industrial Fiat Allis FB80)	2
Motoniveladora CAT 140G 5MD	2
Motoniveladora CAT 140H 9TN	2
Motoniveladora Fiat FG-85A	2
Rolo Dynapac CP 27	1
Rolo compactador vibrador Dynapac CA 25PD	1
Rolo Dynapac CA 25PD-EX	1
Rolo compactador liso Dynapac CA 25D	2
Rolo compactador dentado Dynapac CA 25PD	1

Rolo compactador liso Dynapac CA 511D	1
Rolo compactador Dynapac CA 511D	1
Rolo compactador CT-260	1
Rolo compactador dentado Dynapac CT-260	1
Central mist. esp. tib. Era/Brás (usina concreto TEKA 500)	1
Caminhão bomba Aliva MB LAK1113	2
Bomba d'água Barnes 105CCDG5	2
Bomba centrífuga Barnes 105 6POL	1
Compressor ar Port Sullair 250DP	1
Compressor Atlas Copco XA120PD	1
Perfuratriz Atlas Copco ROC601	2
Perfuratriz aprop. esteira Atlas Copco ROC 722	2
Jumbo Ferr. AC282/38 (raiudrill)	2
Jumbo Atlas Copco Boomer H178 (conj. perf.)	2
Perfuratriz perc. hidráulica Tamrock CHA550	2
Gerador Toshiba GAST A1609 230KVA	1
Grupo gerador diesel Toshiba GAST A6691 40KVA	1
Gerador Negrini 40KVA	1
Grupo gerador diesel Transmill 44KVA	1
Caminhão-carroceria Ford F4000	3
Caminhão F4000 c/ bomba Aliva 262 - 07	1
Caminhão-irrigadeira Ford C2425 16000L	7
Caminhão-carroceria Ford F14000	1
Caminhão-plataforma MB LA1113	1
Caminhão-plataforma MB LA1313	1
Caminhão-basculante Ford F14000	6
Caminhão-basculante Ford Cargo 2425	12
Caminhão-guindaste Imavi Ford C2425	1
Caminhão-basculante MB Lk131336 colet. comp. lixo	1
Caminhão spritzer mastro bomba concreto MB L1313	1
Caminhão-basculante Scania R113 6x4	26
Caminhão-basculante Wabco W35C	1
Caminhão trator test. Randon Rk-425	2
Caminhão cavalo-mecânico Volvo N112	2
<b>Total</b>	<b>247</b>

#### 4.4.1.2 Obras de concreto

Tabela 4.5

#### Equipamentos em obras de concreto

Descrição do equipamento	Quantidade
Plataforma elevadora trabalho Alimak Aliclimber	2
Caminhão-basculantes Tibcret Ford C2425	2
Guindaste-torre Liebherr mod. 200 EC-h12/170	2
Bomba jateadora singular 5075ET	8
Caminhão-guindaste Luna Ford C2425 35T	4
Grua Potain modelo MD 235A	2
Guindaste hidráulico pneu p&h 670 TC 70T	1
Guindaste hidráulico pneu p&h 9125TC 140T	1
Conjunto lançador de concreto Swinger Rotec 3075 SN	1
Motor dies MB 0M352A (bomba Schwing 550 HDE)	1

Bomba concreto Schwing BP550 HDE	2
Bomba concreto Schwing BP200	1
Mastro distribuidora de concreto Schwing	1
Distribuidora concreto Gomaco RC240	1
Vibroacabadoura Gomaco C450	1
Elevador misto trilho Alimak M-Scando 10/19	1
Elevador misto trilho Alimak Scando 12/30	1
Grua Peiner TN710	1
Guindaste torre gir. Liebherr 1000 as 18 t (grua)	1
Guindaste torre giratório Liebherr 301c 45m 16 t (grua)	1
Guindaste torre Liebherr 26K 10113 2500kg	1
Guindaste torre Potain HD40 A	1
Pórtico CCCC 20t / 26m	1
Guindaste hidráulico aprop. Villares 22VG 22T	2
Guindaste Liebherr LTM1050 50T	1
Caminhão-carroceria Ford F4000	1
Caminhão-carroceria Ford F14000	1
Caminhão Brooks Chevrolet D11000	1
Caminhão-basculante Tibcret Ford C2425	4
Caminhão Shwing mastro Ford C2422	1
Caminhão Brooks Mbb L1313	1
Caminhão-cavalo mecânico Volvo N112-6x4 50 t	1
<b>Total</b>	<b>51</b>

#### 4.4.1.3 Canteiro industrial

Tabela 4.6

#### Equipamentos do canteiro industrial

Descrição do equipamento	Quantidade
Compressor ar Atlas Copco GA160-100AP	4
Semi-reboque primário Telsmith	1
Semi-reboque peneir. Telsmith	1
Componente Telsmith	1
Central concreto Betonmac Max Movil 140CP 325	1
Central concreto Betonmac 105 M3	1
Caminhão-carroceria Ford F-4000 C. Dupla	1
Britador compacto Barmac 7000 (Vertical)	2
Compressor ar estacionário Premaq Mod C-200	2
Grupo gerador WEG C6TA8.3 230 kVA	4
Guincho hidráulico simples modelo GHS 40T	1
Britador impacto Barmac 9000 (Vertical)	1
Carregadeira pneu CAT 950G	1
Carregadeira Liebherr L574 Litronic	1
Carregadeira pneu CAT 966C 25U 2V	3
Carregadeira pneu CAT 960F	1
Carregadeira pneu Bobcat RD 753	1
Britador mandíbula Faco 1060A	1
Britador pilão Telsmith 4895 7734	1
Compressor de ar Atlas Copco DT4	2
Compressor ar Atlas COPCO GA1407	5

Compressor Atlas Copco XA350SD	1
Compressor Atlas Copco XA120PD	1
Gerador Toshiba GAET 40716 60 kVA	1
Gerador diesel Toshiba Gast A5686 205 kVA	1
Grupo gerador	1
Gerador Negrini 40 kVA	1
Grupo gerador diesel Transmill 44 kVA	2
Grupo gerador diesel Bordaco SM 67149 40 kVA	1
Caminhão Munck Ford F13000	1
Caminhão Munck Ford F14000	6
Caminhão-betoneira MB LB2214	2
Caminhão-betoneira Ford Cargo 2422	4
Caminhão-betoneira Ford Cargo 2425	4
<b>Total</b>	<b>62</b>

Tabela 4.7

### Equipamentos de manutenção

Descrição do equipamento	Quantidade
Caminhão-tanque abastecimento Ford F14000	1
Caminhão-carr. Ford F-4000 C. Dupla	1
Compressor de ar Atlas Copco DT4	2
Guindaste aprop. Madal MD8A 9T	1
Empilhadeira Dies Hyster H80J	1
Caminhão-carroceria Ford F4000	1
Caminhão-irrigadeira Ford F13000	2
Caminhão-irrigadeira Ford F14000	1
Caminhão-oficina Ford F14000	2
Caminhão-comboio Ford F14000	1
Caminhão-comboio MB LA1313	3
Caminhão-oficina MB LA 1313	1
Caminhão-tanque abastecimento MB LA1313	2
Caminhão-cavalo mecânico Volvo T112E	1
Trailer oficina Massari	1
Carreta semi-reboque oficina Corona	1
<b>Total</b>	<b>22</b>

#### 4.4.1.4 Montagem

Tabela 4.8

### Equipamentos de montagem eletromecânica

Descrição do equipamento	Quantidade
Pórtico pateo trelic. Woebecke SM SN 10 TON	1
Pórtico rolante El Melt M2X10TCEG SN 20TON	1
Caminhão Munck Ford F14000	4
Caminhão carroceria Ford F14000	1
<b>Total</b>	<b>7</b>



## 4.4.2 Materiais

Tabela 4.9

### Principais materiais empregados

Material	Quantidade	Unidade
Cimento	146.063	t
Pozolana	3	t
Brita	387.698	t
Areia	268.261	t
Ferro	23.713	t
Madeira (formas)	338.000	m <sup>2</sup>
Juntas	7.147	m
Aditivos do concreto	292.545 e 51.121	l kg
Explosivos	3.300	t
Combustíveis	11.507.886	l
Lubrificantes	540.925	l

## 4.4.3 Serviços

Tabela 4.10

### Principais serviços executados

Estrutura	Escavação (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )		Aterro (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )		Concreto (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Equipamentos Montados (10 <sup>3</sup> t)
	Comum	Rocha	Solo	Rocha		
Desvio do rio	812,78	1.250,00	300,85	836,68	50,22	0,44
Barragem	1.263,56	474,71	62,26	6.095,00	82,37	-
Dique 1	35,19	13,19	97,33	74,14	-	-
Dique 2	75,91	28,46	302,84	67,05	-	-
Vertedouro	1.643,87	4.062,51	-	0,21	149,57	2,22
Tomada d'água	75,90	276,28	-	130,76	58,23	0,62
Túneis forçados	-	59,34	-	-	21,78	1,40
Casa de força	507,47	1.008,52	-	-	113,70	9,76
Edifício de controle	-	-	-	-	0,70	0,12
Peças metálicas Dvs	-	-	-	-	-	1,53
<b>Total</b>	<b>4.414,68</b>	<b>7.173,01</b>	<b>763,28</b>	<b>7.203,84</b>	<b>476,57</b>	<b>16,09</b>

#### 4.4.4 Efetivo da obra

A tabela a seguir apresenta a distribuição dos trabalhadores na etapa de pico das obras, ocorrida em outubro de 2000.

Tabela 4.11

#### Distribuição dos trabalhadores no pico das obras - outubro de 2000

Área	Quantidade	Participação (%)
Administração	215	8,4
Planejamento	73	2,8
Terraplenagem / Manutenção	1.498	58,4
Eletromecânica / Civil	781	30,4
<b>Total</b>	<b>2.567</b>	<b>100,0</b>

Havia um equilíbrio na distribuição do pessoal em função do estado civil. Assim, 1.293 trabalhadores eram casados, o correspondente a 50,4% do total, e 1.274 solteiros (49,6%). Apenas 65 trabalhadores (2,5%) eram do sexo feminino, ante 2.502 trabalhadores (97,5%) do sexo masculino.

Tabela 4.12

#### Escolaridade do pessoal empregado nas obras

Grau de instrução	Quantidade	Participação (%)
Analfabeto	41	1,6
Primário	1.397	54,4
Primeiro Grau	530	20,6
Segundo Grau	464	18,1
Superior	29	1,1
Pós-graduado (incompleto)	4	0,2
Pós-graduado	17	0,7
Em avaliação	85	3,3
<b>Total</b>	<b>2.567</b>	<b>100,0</b>

#### 4.4.5 Problemas logísticos e administrativos

A má conservação das estradas de acesso à obra ocasionou, em épocas de chuvas, atoleiros para os ônibus que transportavam o pessoal contratado nas cidades vizinhas. A dificuldade na travessia do rio pela balsa devido ao elevado nível das águas causava congestionamento de veículos, obstruindo a passagem dos ônibus de transporte do pessoal e atrasando, em conseqüência, o início do turno. No melhoramento da estrada entre Maximiliano de Almeida e Machadinho foi construído um desvio que aumentou o percurso em cinco quilômetros. Outra dificuldade para o transporte de pessoal era a distância entre a obra e as cidades de Machadinho, Maximiliano de Almeida e Paim Filho, no Rio Grande do Sul. Tal dificuldade foi amenizada após a liberação da passagem por cima da barragem, que resultou em uma redução de quatro quilômetros no percurso.

**Do total de trabalhadores, 1.293 eram casados (50,4%) e 1.274 solteiros (49,6%). Apenas 65 trabalhadores (2,5%) eram do sexo feminino, ante 2.502 (97,5%) do sexo masculino.**

**As atividades relacionadas com Segurança e Medicina do Trabalho eram exercidas por uma equipe de engenheiros de segurança, técnicos e médicos do trabalho.**

#### **4.4.6 Segurança e medicina do trabalho**

A fim de cumprir com o disposto na MR-5 da Portaria 3.214, inserida na lei 6.514, de dezembro de 1977, foi criado o setor de Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho, ao qual se subordinou a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA).

##### **4.4.6.1 Segurança do trabalho**

As atividades relacionadas com Segurança e Medicina do Trabalho eram exercidas por uma equipe composta por engenheiros de segurança, técnicos e médicos do trabalho. A esse grupo foram agregados auxiliares de segurança e enfermeiros. O ambulatório de campo funcionava em regime integral e em conexão direta com os técnicos de segurança em trabalho, no canteiro, para atender os acidentados e investigar as causas dos acidentes ocorridos.

##### **4.4.6.2 Higiene e medicina do trabalho**

A Medicina Ocupacional visou a manutenção do mais alto grau de bem-estar físico, mental e social dos trabalhadores, em todas as funções. Para isso, foram aplicados os princípios da medicina preventiva, os cuidados médicos de urgência, os tratamentos de reabilitação e a medicina do ambiente. Buscou-se a adaptação do trabalho ao homem e de cada homem ao seu próprio trabalho. Essa atividade foi desempenhada por um quadro especializado de médicos, enfermeiros, auxiliares de enfermagem e pessoal de apoio administrativo, envolvendo os seguintes procedimentos: exame médico admissional, exame médico periódico, controle de tratamento, mudanças de função, tratamento ambulatorial de acidentados e programa de recuperação de mão-de-obra.

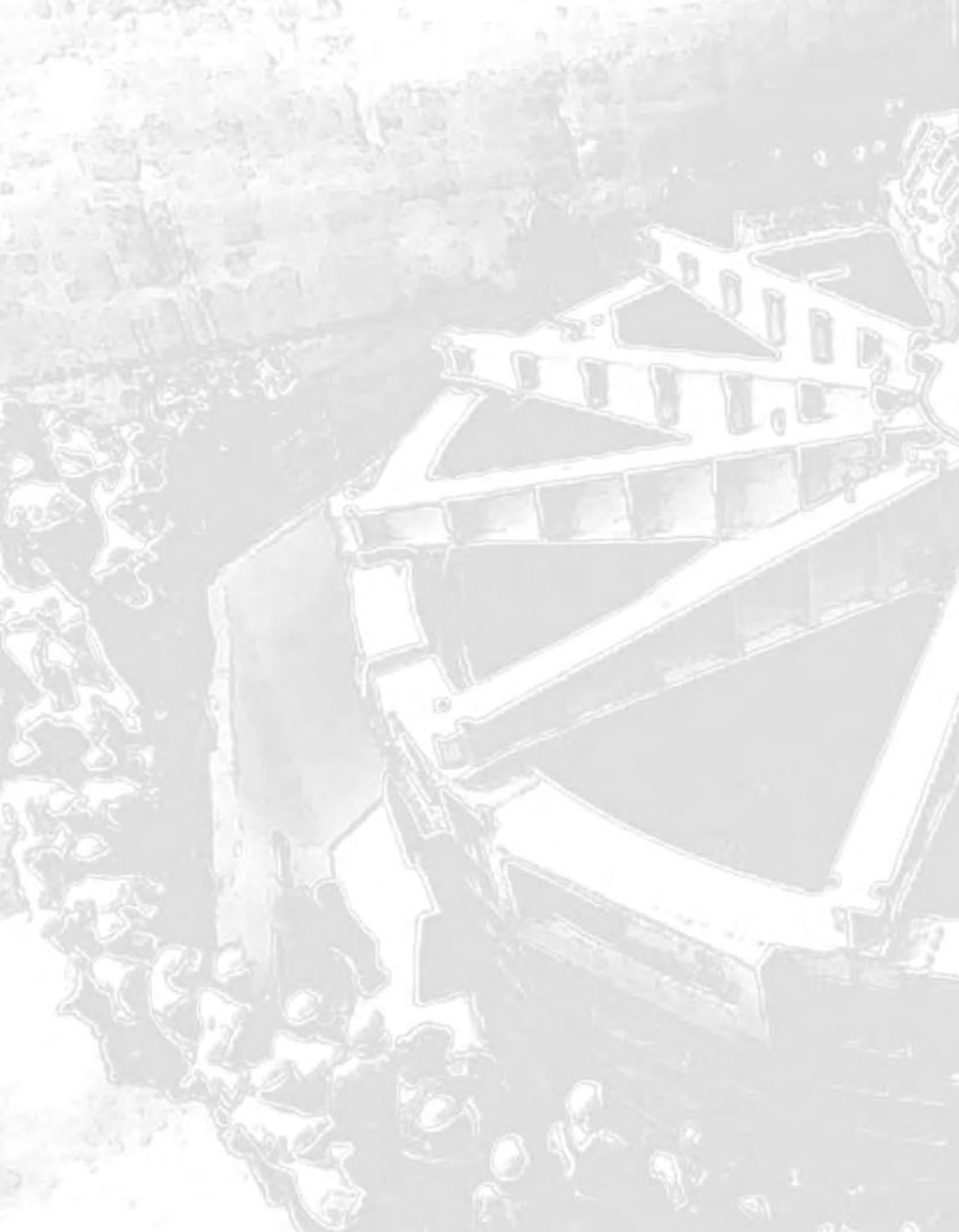
##### **4.4.6.3 Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA)**

Os membros da CIPA participaram ativamente, com o apoio da construtora, na prevenção dos problemas trabalhistas, bem como na busca de soluções não só nas obras, mas também para toda a comunidade. A comissão era presidida pelo gerente geral da obra. Para garantir a segurança dos trabalhadores, foi utilizado o método de treinamento homem a homem. Diariamente, antes do início dos trabalhos, o responsável se incumbia de reunir a equipe, para checagem de ferramentas, equipamentos individuais e para fazer recomendações sobre os procedimentos seguros para realizar o serviço. O engenheiro responsável por cada tarefa fazia também a análise prevencionista de tarefa (APT).

Para a liberação dos blocos de concretagem, por exemplo, exigiu-se que um profissional de segurança do trabalho examinasse os procedimentos a serem adotados, desde a etapa de preparação do bloco até a conclusão do ciclo de operações. Essa análise foi realizada em conjunto com o pessoal da construto-

ra e da fiscalização. Ao final, esses profissionais assinavam também a folha de liberação para concretagem.

A movimentação de cargas e equipamentos pesados exigiu o acompanhamento apropriado com utilização de batedor. Para acompanhar a constante e necessária mudança da malha viária do canteiro de obras, foi mantida uma equipe encarregada da confecção e instalação de sinalização vertical e horizontal nas pistas.



# CAPÍTULO 5

COMISSIONAMENTO  
E DESEMPENHO

## 5.1 Introdução

O comissionamento corresponde à etapa do empreendimento que se inicia com a liberação, pela construtora, das estruturas ou partes destas, e com a liberação, pela montadora, dos equipamentos e sistemas para a execução de testes.

Entre os diversos objetivos do comissionamento, destacam-se:

- ♦ Comprovação de que os equipamentos fornecidos e as estruturas construídas atendiam às especificações técnicas contratuais e às normas técnicas aplicáveis.
- ♦ Confirmação da fidelidade da construção e da montagem em relação ao projeto, corrigindo-se eventuais discrepâncias.
- ♦ Registro dos valores iniciais dos parâmetros determinantes de cada equipamento, para o estabelecimento de um sistema de manutenção e controle.
- ♦ Estabelecimento dos limites operativos confiáveis para os diversos equipamentos eletromecânicos e para a instrumentação das obras civis.
- ♦ Complementação do treinamento específico das equipes técnicas responsáveis pela operação e manutenção dos equipamentos, leitura e interpretação da instrumentação das obras civis.
- ♦ Reunião das informações necessárias à emissão dos Laudos de Aceitação Provisória e Final.

Para o comissionamento da UHE Machadinho, o Consórcio União das Empresas Fornecedoras de Machadinho (Consórcio UNEMAC) elaborou um Plano de Qualidade, apresentando os procedimentos necessários e aprovados pela Machadinho Energética S/A (MAESA), em atendimento ao estabelecido nas cláusulas contratuais dos Termos e Condições para o Contrato de Implantação da UHE Machadinho e nas especificações técnicas do empreendimento.

## 5.2 Planejamento

A documentação básica utilizada pelo sistema de qualidade do Consórcio UNEMAC para as atividades de comissionamento compreendeu:

- ♦ O Plano de Qualidade do Comissionamento.
- ♦ O Manual de Procedimento de Ensaio e Teste, documento aprovado pela gerência de comissionamento e disponibilizado nas frentes de serviço durante a realização da atividade.
- ♦ O Relatório Final de Comissionamento, documento aprovado pela Gerência de Comissionamento, incluindo os Protocolos de Ensaios e Testes.

**No comissionamento da Usina, o Consórcio União das Empresas Fornecedoras de Machadinho (UNEMAC) elaborou um Plano de Qualidade, apresentando os procedimentos necessários e aprovados pela MAESA.**

O Manual de Procedimento para Ensaio e Teste foi emitido individualmente para cada equipamento, sistema ou instalação, sob responsabilidade da empresa do Consórcio UNEMAC responsável pelo equipamento, sistema ou instalação, dentro do respectivo escopo de fornecimento.

Da mesma forma, o Relatório Final de Comissionamento foi emitido para cada equipamento, sistema ou instalação, sob responsabilidade da gerência de comissionamento. Cada relatório foi preparado antecipadamente, contendo todos os requisitos necessários para o comissionamento, e, à medida que o trabalho ia se desenvolvendo, os itens verificados iam sendo completados. Assim, ao final do comissionamento, o relatório estava praticamente concluído. Cada relatório continha uma introdução e as oito seções relacionadas abaixo:

Introdução: período, escopo e composição da equipe de comissionamento.

Parte 1- Características principais: características de projeto.

Parte 2 - Registros de liberação da montagem (RLM): documento da montadora liberando para o comissionamento.

Parte 3 - Recepção de equipamentos, sistemas e instalação: documento referente ao aceite emitido pela gerência do comissionamento.

Parte 4 - Ata de reunião inicial do comissionamento: formalização do início do comissionamento.

Parte 5 - Manual de procedimentos e testes: relação de instrumentos utilizados no comissionamento e planilhas que continham todos os itens a serem verificados e ensaios a serem realizados.

Parte 6 - Ata da reunião final do comissionamento: declaração do final do comissionamento e, quando fosse o caso, lista de pendências, restrições operacionais, lista de materiais sobressalentes, lista de pendências de materiais sobressalentes etc.

Parte 7 - Certificados: Certificado de Conclusão do Comissionamento, Laudo de Aceitação Provisória, Documento de Entrega para a MAESA, Termo de Transferência para a Operação e relação com a Documentação Pertinente ao equipamento, sistema ou instalação.

Parte 8 - Treinamento: aceite do treinamento fornecido ou solicitação de treinamento complementar.

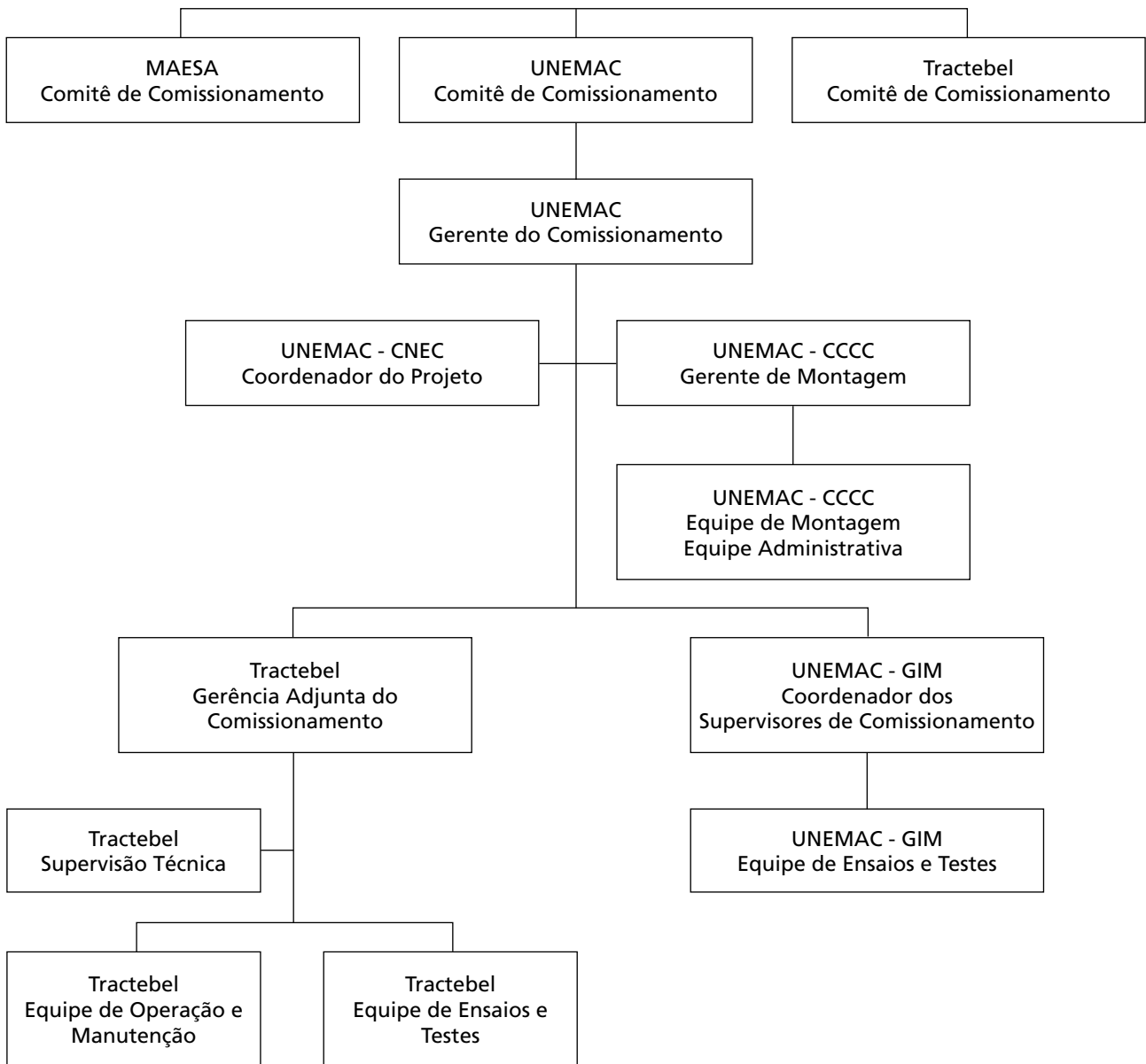
Na figura 5.1, a seguir, é apresentado o organograma da estrutura UNEMAC-Tractebel-MAESA, responsável pelo comissionamento.

**Cada equipamento, sistema ou instalação teve seu Relatório Final de Comissionamento, produzido sob a responsabilidade da gerência de comissionamento.**



Figura 5.1

### Organograma funcional



As atividades de gestão, preparação e execução realizadas pela Gerência do Comissionamento são apresentadas nos fluxogramas das figuras 5.2, 5.3 e 5.4, a seguir.

Figura 5.2

**Fluxograma de gestão do comissionamento**

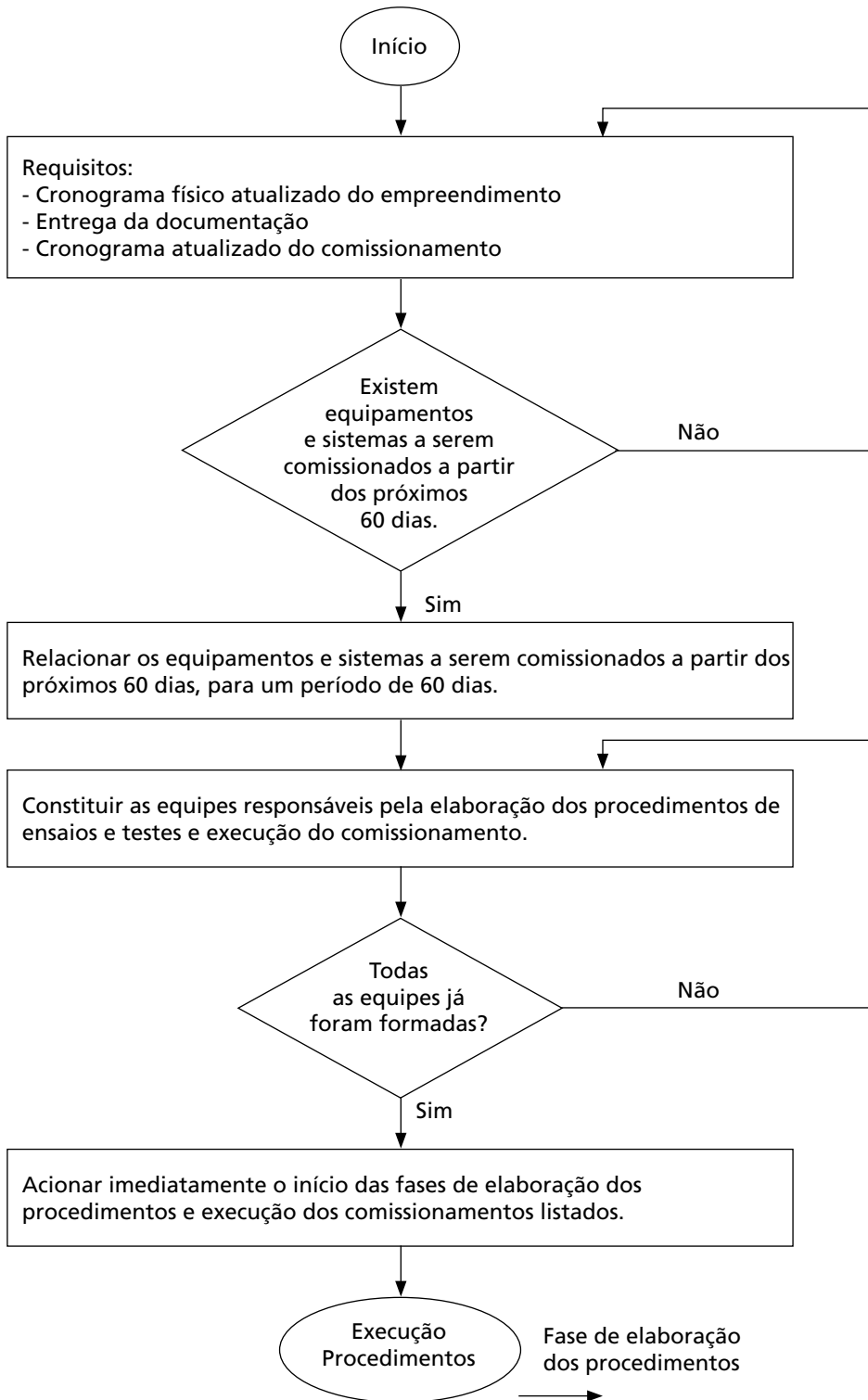


Figura 5.3

### Fluxograma de preparação do comissionamento

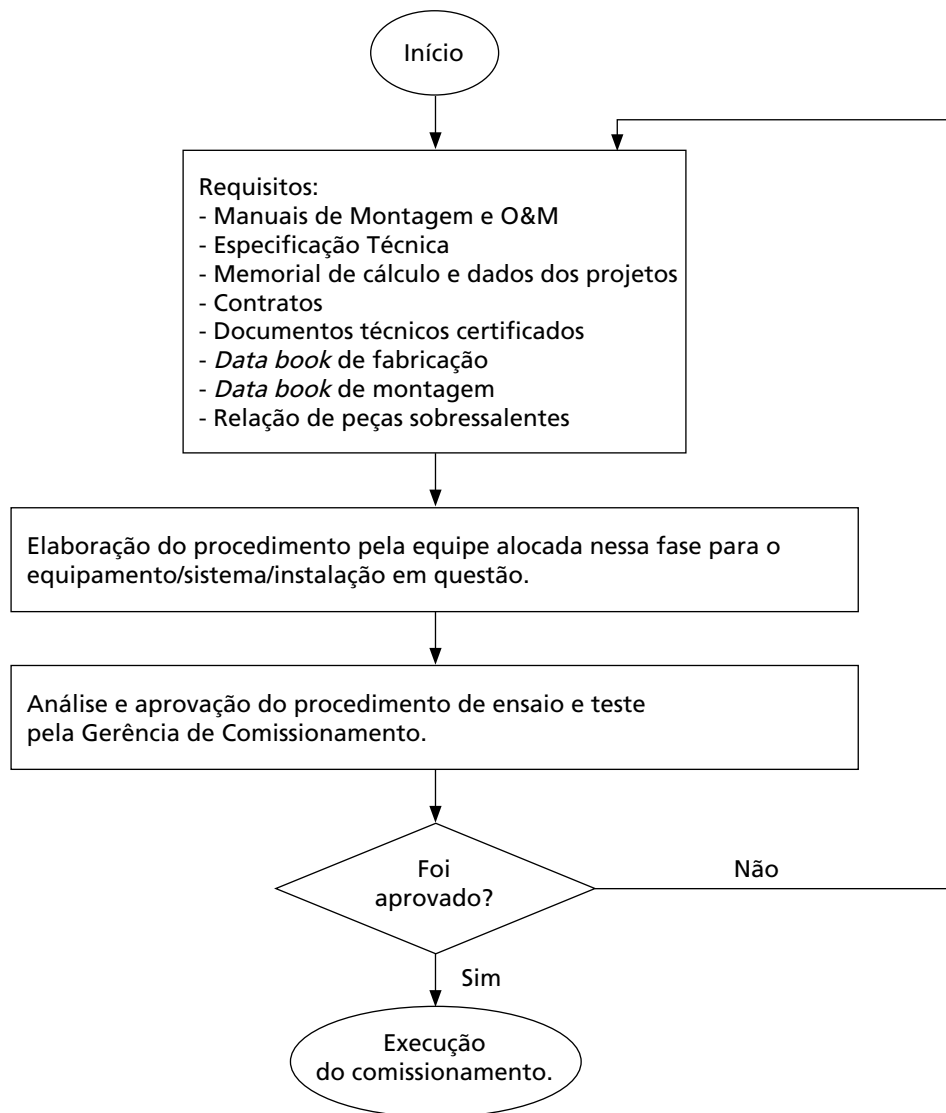
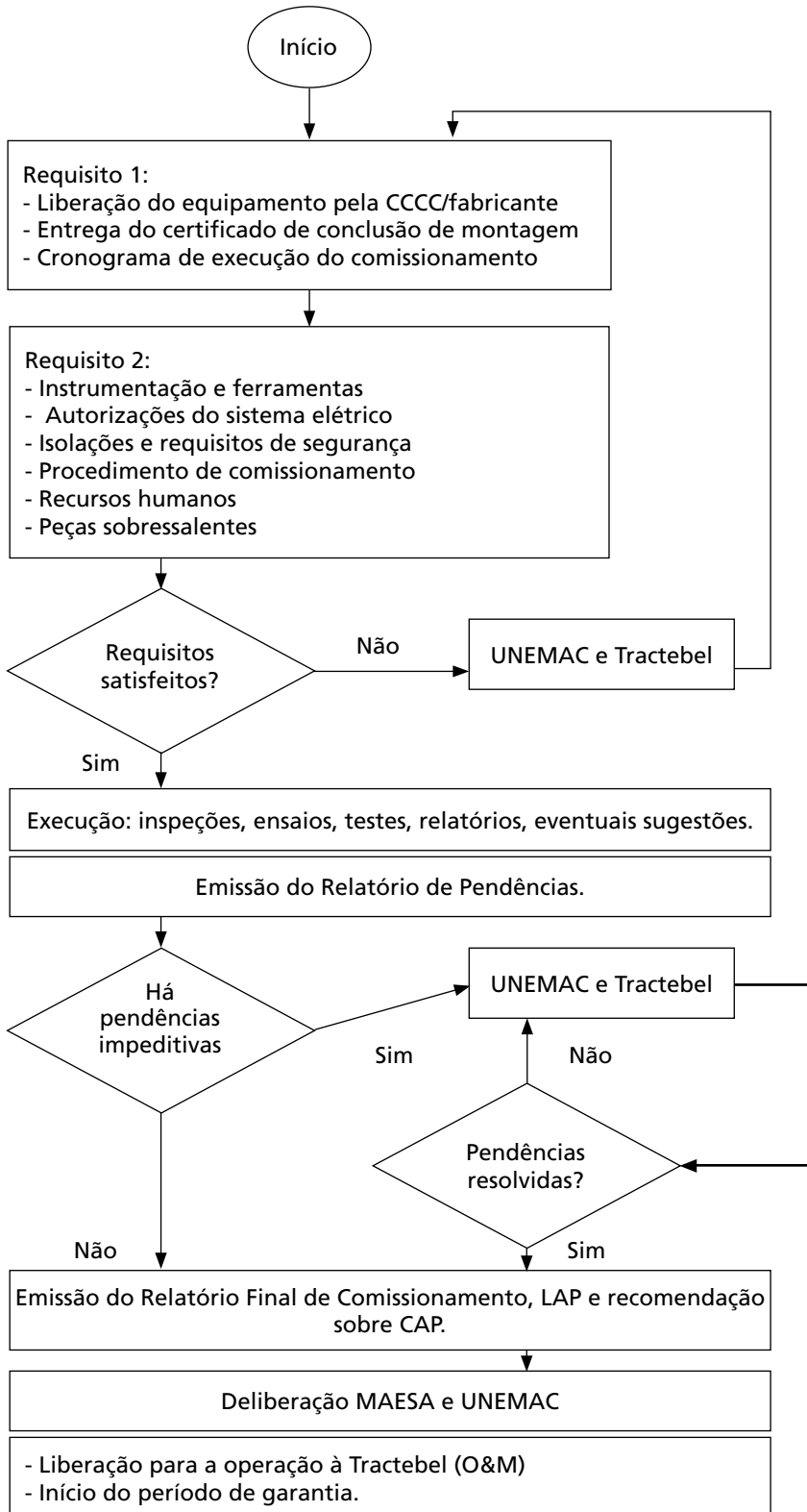


Figura 5.4

### Fluxograma de execução do comissionamento de equipamentos ou sistemas



## 5.3 Atribuições e responsabilidades

Os profissionais que desempenharam as ações de implementação do programa de comissionamento atuaram nas áreas de qualidade, coordenação, montagem e comissionamento com as seguintes atribuições e responsabilidades:

### 5.3.1 Comitê de comissionamento

À MAESA, coube:

- ♦ Aprovar o Plano de Qualidade do Comissionamento.
- ♦ Fornecer os instrumentos especiais, o supervisor do fabricante e os operadores dos instrumentos especiais para execução dos testes requeridos para o sistema SF<sub>6</sub>.
- ♦ Acompanhar as atividades do comissionamento.
- ♦ Garantir que os termos do Plano de Qualidade do Comissionamento, elaborado pela UNEMAC, fossem também seguidos pelos fornecedores da UHE Machadinho que não pertenciam à UNEMAC.
- ♦ Emitir o Certificado de Aceitação Provisória dos Equipamentos, Sistemas, Instalações e Estruturas.

À UNEMAC, representada pelo gerente do projeto, coube:

- ♦ Assegurar o cumprimento do programa do comissionamento.
- ♦ Garantir que os termos do Plano de Qualidade do Comissionamento fossem seguidos por todos os membros da UNEMAC.

À Tractebel, por meio de seu representante no Comitê de Comissionamento, coube:

- ♦ Suprir a gerência de comissionamento com o apoio necessário em caso de dúvidas em documentos.
- ♦ Fornecer os subsídios necessários existentes em outras entidades envolvidas nas atividades de comissionamento e de geração.

### 5.3.2 Gerência de comissionamento

À UNEMAC, representada pelo gerente de comissionamento, coube:

- ♦ Responsabilizar-se pela execução do comissionamento.
- ♦ Comandar as equipes encarregadas da execução do comissionamento.
- ♦ Deliberar a respeito de assuntos de planejamento, organização e procedimentos a serem operacionalizados pelo grupo do comissionamento.

**Os profissionais que desempenharam as ações de implementação do programa de comissionamento atuaram nas áreas de qualidade, coordenação, montagem e comissionamento.**

- ♦ Reportar ao comitê do comissionamento o desenvolvimento dos respectivos trabalhos.
- ♦ Em conjunto com o gerente adjunto do comissionamento, aprovar os procedimentos de ensaios e testes.
- ♦ Atestar as condições explicitadas no Certificado de Conclusão de Montagem dos Equipamentos, Sistemas, Instalações e Estruturas a serem comissionados.
- ♦ Controlar a execução das atividades relacionadas com as etapas de comissionamento, seja em termos dos programas de execução, seja em termos de cumprimento dos prazos e da qualidade estabelecidos.
- ♦ Convocar e conduzir reuniões com as equipes envolvidas no comissionamento.
- ♦ Emitir o Relatório Final do Comissionamento, responsabilizando-se, juntamente com o gerente do comissionamento adjunto e os respectivos supervisores do comissionamento dos fabricantes, pelo seu conteúdo.
- ♦ Solicitar às entidades de apoio envolvidas, com a devida antecedência, os recursos para o comissionamento.
- ♦ Ser o depositário da documentação pertinente a cada comissionamento para o posterior encaminhamento à MAESA.
- ♦ Emitir, em conjunto com o gerente adjunto do comissionamento, após a conclusão da operação, o Laudo de Aceitação Provisória para que a MAESA pudesse emitir os Certificados de Aceitação Provisória.

À Tractebel, por meio do gerente adjunto do comissionamento, coube:

- ♦ Acompanhar o desenvolvimento do comissionamento para posterior assunção da operação e manutenção da Usina.
- ♦ Apoiar o gerente do comissionamento na gestão de todas as atividades relacionadas com a função.
- ♦ Aprovar, com o gerente do comissionamento, os procedimentos de ensaios e testes.
- ♦ Elaborar o cadastro dos equipamentos conforme padrão Tractebel.
- ♦ Comandar a sua equipe de ensaios e testes, controlando a correta execução das atividades, durante todas as etapas do comissionamento.
- ♦ Executar as atividades do comissionamento nos aspectos relacionados com a execução de testes e ensaios que interferiam com o sistema elétrico interligado, bem como com a operação do reservatório.
- ♦ Emitir, juntamente com o gerente do comissionamento, o Laudo de Aceitação Provisória para que a MAESA pudesse emitir os Certificados de Aceitação Provisória.

À UNEMAC – GIM, representada pelo coordenador dos supervisores do comissionamento, coube:

- ♦ Coordenar os supervisores do comissionamento dos fabricantes, servindo de interlocutor entre essas equipes e o gerente de comissionamento.
- ♦ Atuar junto aos supervisores do comissionamento dos fabricantes para garantir o efetivo cumprimento do programa do comissionamento.
- ♦ Atuar junto aos supervisores do comissionamento dos fabricantes para garantir o correto suprimento dos recursos necessários à execução dos serviços de responsabilidade dos fabricantes.
- ♦ Supervisionar a execução dos ensaios e testes, registrando os dados nos protocolos previstos no Manual de Procedimentos.
- ♦ Registrar as pendências e restrições operacionais, diligenciando pela sua eliminação nos prazos estabelecidos em reunião final do comissionamento.
- ♦ Diligenciar a eliminação de eventuais pendências e restrições operacionais dentro dos prazos estabelecidos na reunião de encerramento do comissionamento.

### **5.3.3 Apoio ao comissionamento**

À UNEMAC – CCCC, por meio do gerente de montagem, coube:

- ♦ Fornecer mão-de-obra de apoio ao comissionamento – supervisão de segurança do trabalho, digitação de textos e planilhas e serviços de administração de pessoal.
- ♦ Disponibilizar equipe de montagem e equipamentos para eliminação de pendências apontadas pela gerência do comissionamento.
- ♦ Emitir os Certificados de Conclusão de Construção e Montagem dos equipamentos, sistemas, instalações e estruturas, após o encerramento da montagem do item a ser comissionado e da construção das estruturas.
- ♦ Fornecer a mão-de-obra especializada em montagem para servir de apoio ao comissionamento.
- ♦ Suprir os instrumentos e ferramentas usuais, e os equipamentos de comunicação entre os participantes, para utilização durante o comissionamento.
- ♦ Prover a segurança do trabalho, material e patrimonial nas áreas onde estavam sendo comissionados os equipamentos, sistemas, instalações e estruturas.

À UNEMAC – CNEC, por meio do coordenador do projeto, coube:

- ♦ Prestar, através de seu engenheiro residente na obra ou seu pessoal técnico do projeto, suporte para prover soluções e esclarecimentos relacionados com seu projeto nas fases de preparação e execução do comissionamento.

À Tractebel, através de seu representante, coube:

- ♦ Disponibilizar informações de projeto, inspeção e montagem às equipes do comissionamento.
- ♦ Avaliar a atividade de comissionamento quanto ao atendimento às normas e especificações técnicas aplicáveis.

## 5.4 Execução do comissionamento

Essa etapa consistiu na execução propriamente dita dos testes e ensaios de comissionamento, com base na estrutura organizacional, cronogramas e procedimentos descritos anteriormente. Os ensaios deveriam demonstrar que quaisquer equipamentos, sistemas ou instalações estavam em conformidade com os requisitos estabelecidos nas especificações técnicas, desenhos e nos demais documentos técnicos contratuais.

Para os equipamentos geradores e turbinas foram emitidos Manuais de Procedimentos de Ensaios e Testes, comuns aos diferentes responsáveis pela fabricação, englobando os diversos componentes desses equipamentos.

### 5.4.1 Divisão do empreendimento para o comissionamento

#### 5.4.1.1 Estruturas

O comissionamento das estruturas das obras civis foi realizado por meio de visitas de inspeção feitas pelas equipes de comissionamento. Ao final dessas visitas, foram emitidos os documentos de entrega e, se fosse o caso, listas de pendências a serem sanadas.

#### 5.4.1.2 Divisão de equipamentos e sistemas

Para a execução do comissionamento, os equipamentos, sistemas e instalações foram divididos em 18 grupos. A seguir, estão relacionados os grupos e as composições definidas no plano de comissionamento, juntamente com as empresas responsáveis pelos mesmos.

##### 5.4.1.2.1 Grupo 1 – Geradores e equipamentos associados

- ♦ Gerador síncrono (Voith Siemens, Alstom Elec, Alstom -Taubaté).
- ♦ Sistema de excitação – barramento, anéis coletores, porta-escovas etc. (Voith Siemens).
- ♦ Sistema de resfriamento dos grupos geradores (Voith Siemens).
- ♦ Mancal-guia (Voith Siemens).
- ♦ Sistema de freio e levantamento do rotor (Voith Siemens).
- ♦ Conjunto móvel para levantamento dos rotores dos geradores (Voith Siemens).
- ♦ Sistema antiincêndio em CO<sub>2</sub> para os geradores (Voith Siemens).

**Os ensaios deveriam demonstrar que quaisquer equipamentos, sistemas ou instalações estavam em conformidade com os requisitos estabelecidos nas especificações técnicas, desenhos e nos demais documentos técnicos contratuais.**



- ♦ Cubículo de proteção contra surtos – TPs, pára-raios, capacitor etc. (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Cubículo de aterramento do neutro do gerador (Voith Siemens).
- ♦ Dispositivos de supervisão (Voith Siemens, Alstom - Taubaté, Alstom Elec).
- ♦ Sistema de monitoramento da unidade geradora (MAESA, Voith Siemens, Alstom – Taubaté).

#### **5.4.1.2.2 Grupo 2 – Turbinas e equipamentos associados**

- ♦ Turbina (Voith Siemens e Alstom - Taubaté).
- ♦ Túnel forçado (Bardella) e sucção (Voith Siemens).
- ♦ Caixa espiral (Voith Siemens).
- ♦ Mancal-guia (Alstom -Taubaté).
- ♦ Mancal-escora (Voith Siemens).
- ♦ Sistema mecânico de regulação de velocidade (Alstom - Taubaté).
- ♦ Sistema geral de ar/óleo comprimido de regulação (Alstom - Taubaté).
- ♦ Sistema de desaeração (Voith Siemens).
- ♦ Dispositivos de supervisão (Voith Siemens).
- ♦ Sistema de monitoramento (MAESA).

#### **5.4.1.2.3 Grupo 3 – Sistema de controle e supervisão**

- ♦ Sistema de controle e supervisão digital – SCSD – (CNEC, Alstom - Jaguaré).
- ♦ Sistema de injeção e controle de ar para rebaixamento (CNEC, Alstom - Jaguaré, Alstom - Taubaté).
- ♦ Quadro de testes e emergência – QTE (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Equipamentos comuns às unidades (todos, inclusive CNEC).

#### **5.4.1.2.4 Grupo 4 – Sistemas de regulação – RV**

- ♦ Sistema de regulação de velocidade (Alstom -Taubaté).

#### **5.4.1.2.5 Grupo 5 – Sistemas de regulação – RT**

- ♦ Sistema de excitação e regulação de tensão – incluindo transformador de excitação e disjuntor de campo (Voith Siemens).

#### 5.4.1.2.6 Grupo 6 – Sistema de proteção e medição

- ♦ Sistema de proteção principal do grupo (Voith Siemens).
- ♦ Sistema de proteção diferencial do transformador (Voith Siemens).
- ♦ Sistema de teleproteção (Voith Siemens).
- ♦ Transformadores de corrente de medição e proteção (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Sincronismo (Voith Siemens).
- ♦ Oscilógrafos (Voith Siemens).

#### 5.4.1.2.7 Grupo 7 – Equipamentos hidromecânicos

- ♦ Comportas-vagão da tomada d'água (Bardella).
- ♦ Comportas-ensecadeira da tomada d'água (Bardella).
- ♦ Grades da tomada d'água (Alstom - Taubaté).
- ♦ Comportas-segmento do vertedouro (Alstom - Taubaté, Bardella).
- ♦ Comportas-ensecadeira do vertedouro (Bardella).
- ♦ Comportas-ensecadeira do tubo de sucção (Bardella).
- ♦ Dispositivos de supervisão – perda de carga da grade (Alstom - Taubaté), equilíbrio de pressões (Bardella).

#### 5.4.1.2.8 Grupo 8 – Equipamentos de levantamento e movimentação

- ♦ Ponte rolante principal 1 (Alstom - Taubaté).
- ♦ Ponte rolante principal 2 (Alstom - Taubaté).
- ♦ Ponte rolante auxiliar da galeria mecânica (Bardella).
- ♦ Ponte rolante auxiliar da subestação SF<sub>6</sub> (Bardella).
- ♦ Ponte rolante auxiliar do hidrogerador de emergência (Bardella).
- ♦ Ponte rolante auxiliar de descarga (Bardella).
- ♦ Monovia da sala de bombas (Bardella).
- ♦ Pórtico rolante de descarga da casa de força (Bardella).
- ♦ Pórtico rolante da tomada d'água (Bardella).
- ♦ Pórtico rolante do tubo de sucção (Bardella).
- ♦ Pórtico rolante do vertedouro (Alstom - Taubaté).

#### 5.4.1.2.9 Grupo 9 – Serviços auxiliares elétricos

- ♦ Alimentador RLC1/CDP1/Trafo TSA1 (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Alimentador RLC2/CDP2/Trafo TSA2 (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Alimentador pelo gerador de emergência /Trafo TGE (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Conjunto de manobra em 13,8 kV – QCM (Alstom - Jaguaré).

- ♦ Subestação de serviços auxiliares da tomada d'água e vertedouro – SSV (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Subestação unitária nº 1 – SU1 (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Subestação unitária nº 2 – SU2 (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Subestação unitária nº 3 – SU3 (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Subestação unitária nº 4 – SU4 (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Centro de controle de motores – compressores – CCMC (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Centro de controle de motores – ventilação 1 – CCMV1 (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Centro de controle de motores – ventilação 2 – CCMV2 (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Centro de controle de motores de drenagem – CCMD (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Quadro de distribuição da subestação SF<sub>6</sub> – QSE (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Quadro de serviços auxiliares gerais nº 1 – QSG1 (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Quadro de serviços auxiliares gerais nº 2 – QSG2 (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Sistema ininterrupto de energia – *no break* (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Centro de controle de motores dos grupos – CCM (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Quadro de distribuição de corrente contínua dos grupos – CCU (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Sistema de iluminação e tomadas (Alstom - Jaguaré).

#### 5.4.1.2.10 Grupo 10 – Sistema de corrente contínua

- ♦ Sistema de 125 Vcc da Usina (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Sistema de 48 Vcc da Usina (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Quadro principal de 125 Vcc nº1 – QCC1 (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Quadro principal de 125 Vcc nº2 – QCC2 (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Quadro de distribuição de serviços gerais nº 1 – CCG1 (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Quadro de distribuição de serviços gerais nº 2 – CCG2 (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Quadro de distribuição da subestação SF<sub>6</sub> – CCSE (Alstom - Jaguaré).

#### 5.4.1.2.11 Grupo 11 – Sistemas auxiliares mecânicos

- ♦ Sistema de ar-condicionado das salas de controle (Voith Siemens).
- ♦ Sistema de ar-condicionado do edifício de controle (Voith Siemens).
- ♦ Sistema de ventilação e exaustão da casa de força (Voith Siemens).
- ♦ Sistema de exaustão da subestação SF<sub>6</sub> (Voith Siemens).
- ♦ Elevador administrativo (Voith Siemens).
- ♦ Elevador de serviço (Voith Siemens).
- ♦ Sistema de hidrantes (Voith Siemens).
- ♦ Sistema de resfriamento geral (Voith Siemens).
- ♦ Sistema antiincêndio dos transformadores auxiliares (Voith Siemens).
- ♦ Sistema antiincêndio dos transformadores-elevadores (Voith Siemens).

- ♦ Sistema antiincêndio diversos e móveis (Voith Siemens).
- ♦ Sistema antiincêndio em CO<sub>2</sub> da Central de Óleo Lubrificante (Voith Siemens).
- ♦ Sistema central de tratamento de óleo lubrificante (Voith Siemens).
- ♦ Sistema geral de óleo isolante (Voith Siemens).
- ♦ Sistema de água tratada e abastecimento da casa de força (Voith Siemens).
- ♦ Sistema de água de serviço (Voith Siemens).
- ♦ Sistema de esgoto sanitário da casa de força (Voith Siemens).
- ♦ Alimentadores 1 e 2 para SSV – tomada d'água e vertedouro (Voith Siemens).
- ♦ Sistema geral de iluminação e tomadas (Voith Siemens).
- ♦ Sistema de drenagem e esgotamento/enchimento dos grupos geradores (Voith Siemens).
- ♦ Sistema de ar comprimido para rebaixamento (Voith Siemens).
- ♦ Sistema de ar comprimido de serviço (Voith Siemens).
- ♦ Sistema de supervisão/medição do nível do reservatório e canal de fuga (Voith Siemens).
- ♦ Sistema Geral de Terra (CCCC, CNEC).

#### 5.4.1.2.12 Grupo 12 – Transformadores-elevadores principais

- ♦ Transformador da unidade 1 (Alstom Elec).
- ♦ Transformador da unidade 2 (Alstom Elec).
- ♦ Transformador da unidade 3 (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Transformador reserva (Alstom - Jaguaré).
- ♦ Sistema de proteção auxiliar intrínseco dos transformadores (Alstom - Jaguaré, Alstom Elec).

#### 5.4.1.2.13 Grupo 13 – Subestação blindada em SF<sub>6</sub>

- ♦ Módulo do *bay* de entrada da unidade 1 (Siemens AG).
- ♦ Módulo do *bay* de entrada da unidade 2 (Siemens AG).
- ♦ Módulo do *bay* da entrada da unidade 3 (Siemens AG).
- ♦ Módulo do *bay* linha 1 – LT Machadinho – Itá (Siemens AG).
- ♦ Módulo do *bay* linha 2 – LT Machadinho – Campos Novos (Siemens AG).
- ♦ Barras A e B 525 kV da subestação SF<sub>6</sub> (Siemens AG).
- ♦ Sistema geral de gás SF<sub>6</sub> pressurizado (Siemens AG).
- ♦ Sistema de proteção da subestação SF<sub>6</sub> (Voith Siemens).
- ♦ Oscilógrafos (Voith Siemens).
- ♦ Sistema de tratamento de gás SF<sub>6</sub> – móvel (Siemens AG).

#### **5.4.1.2.14 Grupo 14 – Linhas de transmissão**

- ♦ Linha de transmissão 1 - LT Machadinho – Itá (Tractebel).
- ♦ Linha de transmissão 2 - LT Machadinho – Campos Novos (Tractebel).
- ♦ Painéis de proteção na SE Itá, da Eletrosul (Tractebel).
- ♦ Painéis de proteção na SE Campos Novos, da Eletrosul (Voith Siemens).

#### **5.4.1.2.15 Grupo 15 – Sistema de controle do reservatório e canal de fuga**

- ♦ Sistema de supervisão/medição do nível do reservatório e canal de fuga (Voith Siemens).
- ♦ Sistema de controle do vertedouro (Alstom - Taubaté).

#### **5.4.1.2.16 Grupo 16 – Sistemas de telecomunicação**

- ♦ Sistema de telefonia da Usina (Alstom Elec).
- ♦ Sistema de telecomunicação Pager (Alstom Elec).
- ♦ Sistema de radiocomunicação (Alstom Elec).
- ♦ Outros sistemas de comunicação (Alstom Elec).

#### **5.4.1.2.17 Grupo 17 – Grupo hidrogerador de emergência da Usina – 1 MVA**

- ♦ Turbina (Voith Siemens).
- ♦ Gerador (Voith Siemens).
- ♦ Sistema de controle e supervisão (Voith Siemens).
- ♦ Regulador de velocidade (Voith Siemens).
- ♦ Regulador de tensão (Voith Siemens).
- ♦ Transformador-elevador – TGE (Voith Siemens).

#### **5.4.1.2.18 Grupo 18 – Sistema de teleproteção**

- ♦ Sistema de teleproteção (Voith Siemens).

### **5.4.2 Preparação do comissionamento**

Os testes e ensaios de comissionamento aplicáveis aos equipamentos – partes ou componentes, sistemas, instalações ou estruturas – parciais ou totais só puderam ser iniciados após a correspondente liberação dessas partes ou componentes, feita através de Certificados de Conclusão de Construção e Montagem, contendo os seguintes dados:

- ♦ Número do certificado de conclusão.
- ♦ Nome do equipamento, do sistema ou da instalação liberados.
- ♦ Relação das pendências do equipamento, sistema ou instalação, por ocasião da liberação.
- ♦ Relação dos relatórios de não-conformidade pertinentes com o registro da sua condição de documento encerrado (foram consideradas não-conformidades valores não-compatíveis com o projeto e/ou resultados obtidos diferentes dos esperados).
- ♦ Confirmação da execução de testes pré-operacionais.
- ♦ Data da liberação.
- ♦ Vistos dos responsáveis pela construção e montagem, projetista e supervisão dos fabricantes.

O Certificado de Conclusão de Construção e Montagem somente foi emitido após a execução de testes pré-operacionais e desde que considerados adequados pelo engenheiro residente da projetista e pelo supervisor de montagem do fabricante.

O acesso às áreas dos equipamentos, sistemas ou instalações em processo de comissionamento somente era facultado às equipes do comissionamento e ao pessoal de apoio que forneceu mão-de-obra de montagem. As áreas onde havia equipamentos e sistemas em comissionamento eram isoladas. As cargas necessárias para testes de equipamento de levantamento foram disponibilizadas pela CCCC/Obra, sendo que os dispositivos para movimentar a carga de testes foram fornecidos pelos respectivos fabricantes.

As seguintes verificações prévias foram realizadas na fase do comissionamento:

- ♦ Elaboração do cadastro dos equipamentos, sistemas ou instalações.
- ♦ Avaliação, para cada equipamento, sistema ou instalação, dos documentos técnicos emitidos enfatizando-se atendimento às especificações técnicas e aprovação dos documentos de projeto.
- ♦ Avaliação do *data book* dos equipamentos com ênfase aos resultados de testes e inspeções realizados nas fábricas.
- ♦ Verificação dos manuais de operação e manutenção.
- ♦ Análise, para cada equipamento, sistema ou instalação, dos respectivos cronogramas do comissionamento e do procedimento de ensaio.
- ♦ Elaboração de módulos para o comissionamento dos equipamentos, sistemas ou instalações mais complexos, para a participação otimizada das equipes.
- ♦ Verificação do treinamento das equipes que se incumbiram do apoio técnico ao comissionamento bem como da operação e manutenção dos equipamentos eletromecânicos.
- ♦ Estruturação de local para a guarda, controle e a eventual aferição dos instrumentos de medição que seriam utilizados durante o comissionamento.

**O Certificado de Conclusão de Construção e Montagem somente foi emitido após a execução de testes pré-operacionais e desde que considerados adequados pelo engenheiro residente da projetista e pelo supervisor de montagem do fabricante.**

### 5.4.3 Transitoriedade

Após o comissionamento, os equipamentos pórtico rolante de descarga da casa de força e as pontes rolantes principais da casa de força, implantados para a utilização durante a construção e montagem da Usina, receberam um Certificado de Conclusão de Comissionamento.

Com o encerramento das atividades de montagem, as condições de integridade dos equipamentos cedidos pela MAESA para utilização na montagem foram avaliadas por meio de inspeção visual e operacional – sem execução de testes de carga –, tendo sido considerados aceitáveis os desgastes normais da utilização em serviço.

Os Certificados de Aceitação Provisória (CAP) foram emitidos conforme os Termos e Condições para o Contrato de Implantação da UHE Machadinho.

### 5.4.4 Conclusão do Comissionamento

As seguintes atividades foram realizadas na fase final do comissionamento:

- ♦ Avaliação individual, para cada equipamento ou sistema, dos resultados obtidos durante os ensaios e testes, com especial ênfase àqueles relacionados com a comprovação das características técnicas estabelecidas em contrato para os equipamentos.
- ♦ Verificação do correto preenchimento de todos os registros e protocolos relativos aos ensaios e testes efetuados.
- ♦ Emissão do Relatório Final do Comissionamento contemplando todos os tópicos previstos.
- ♦ Emissão dos Certificados de Aceitação Provisória (CAP) com o correspondente início do período de garantia e a subsequente transferência do equipamento, sistema ou instalação para a equipe de operação da Tractebel.
- ♦ Eventual existência de pendências menores, que não impediem a operação normal do equipamento ou sistema, não dando motivo para a não-emissão do respectivo CAP.

**Ao término do comissionamento, para cada equipamento, sistema ou instalação era gerada uma lista de pendências, elaborada com o consenso de toda a equipe.**

## 5.5 Principais ocorrências registradas no comissionamento e verificação do desempenho

### 5.5.1 Geral

Ao término do comissionamento, para cada equipamento, sistema ou instalação era gerada uma lista de pendências elaborada com o consenso de toda a equipe. Essa lista contemplava todas as pendências do equipamento, sistema ou instalação comissionado. O Setor de Qualidade da construtora/montadora gerenciava a lista, que integrava o Relatório do Comissionamento, até que todas as pendências fossem eliminadas.

### 5.5.2 Obras civis

Para as obras civis em geral, as listas de pendências abrangeram itens como paredes, pisos, rodapés, esquadrias, janelas, vidros, portas, fechaduras, fiação, eletrodutos, interruptores, encanamentos, torneiras, registros, canaletas de drenagem, extintores e demais equipamentos de segurança, instalações de ar-condicionado, guarda-corpos, corrimãos, telas de proteção, alambrados, tampas em geral, proteções onde havia risco de acidentes, fixação de peças, vedação de esquadrias, reparos em concreto e alvenaria, reparos na ogiva e no rápido do vertedouro, infiltrações, vazamentos, trincas, retirada de instalações provisórias, limpeza, remoção de resíduos, desobstrução de sistemas de drenagem, acabamentos, pinturas etc.

Além das verificações, foram sugeridas melhorias como acrescentar algumas placas de sinalização nas vias de acesso, melhorar o fechamento do alambrado no acesso ao mirante do vertedouro, fixar guarda-corpo na estrutura metálica do *log boom* e substituir as cordas por tubos, além de trocar o seu assoalho de madeira por grades de chapas galvanizadas, dividir a escotilha de acesso às comportas-vagão da tomada d'água em três partes para possibilitar sua retirada por uma única pessoa etc.

### 5.5.3 Equipamentos e sistemas

Considerando-se a complexidade e o grande número de itens que abrange os equipamentos e sistemas, o manual de procedimentos e testes continha planilhas minuciosamente preparadas com todos os itens a serem verificados e ensaios a serem realizados para verificação do funcionamento e desempenho dos equipamentos e sistemas.

Descreve-se a seguir uma síntese dos trabalhos desenvolvidos durante o comissionamento dos principais equipamentos da Usina, que são as unidades geradoras.

#### 5.5.3.1 Unidade 1

O comissionamento da Unidade 1 teve início em 1º de dezembro de 2001 e terminou em 16 de fevereiro de 2002. O primeiro giro mecânico da máquina ocorreu em 19 de dezembro de 2001. Foram detectados problemas nos Quadros QIT/QTT/QIG/QTG e QTE, que só permitiram que a máquina voltasse a rodar em 22 de dezembro de 2001 com os relés de bloqueio 86M e 86H no QTE em condições de atuar (proteção mecânica e hidráulica da máquina). Nessa data, tentou-se dar seqüência ao comissionamento conforme cronograma. Ao fazer o balanceamento, verificar a estabilização das temperaturas dos mancais e ensaios de sobrevelocidade, foram detectados os seguintes problemas:

- ♦ Oscilação na cruzeta suporte do MGG da ordem de 457  $\mu\text{m}$  com 240 kgf de peso colocados durante o balanceamento (sem o peso a oscilação chegou a 570  $\mu\text{m}$ ).
- ♦ Tendência de aquecimento nas sapatas do MGG (alta taxa de elevação da



**Em 16 de fevereiro de 2002, após a leitura dos termopapers instalados e a análise da Engenharia do GIM, a Unidade 1 foi liberada para operação comercial sem limitação de carga, com potência nominal de 397,5 MW.**

temperatura), o que impediu o prosseguimento da tentativa de estabilização da temperatura dos mancais, já que havia o consenso de que com o valor da oscilação da cruzeta registrado não se faria o ensaio de sobrevelocidade.

Com a parada da máquina, os problemas ocorridos foram esclarecidos pelo GIM e pela Gerência do Comissionamento. O GIM e a CCCC-Montadora verificaram que seria necessária a realização dos seguintes trabalhos para o prosseguimento dos ensaios:

- ♦ Desmontagem e inspeção nas sapatas do MGG.
- ♦ Novo *Run-Out* (11/100 mm – manteve a mesma condição de montagem).
- ♦ Inspeção visual no MGT.
- ♦ Inspeção em todo o sistema de circulação de óleo do MGG.

Em 27 de dezembro de 2001 foram tomadas as seguintes providências para o prosseguimento dos ensaios:

- ♦ Mudanças de folga do MGG de 40/100 mm para 60/100 mm.
- ♦ Retirada dos pesos de balanceamento.
- ♦ Instalação adicional de instrumentação para o acompanhamento das oscilações da máquina para uma análise sobre as oscilações da cruzeta e balanceamento da máquina.
- ♦ Eliminação provisória dos elementos filtrantes do circuito de lubrificação do MGG (o filtro era de 10  $\mu$ m, o que ocasionava altas pressões na bomba de circulação, malha muito fina para o circuito de lubrificação).

Em 28 de dezembro de 2001 tornou-se a rodar a máquina, feito novo balanceamento com 210 kgf e um segundo balanceamento com 130 kgf, totalizando 340 kgf, o que resultou numa oscilação de 235  $\mu$ m na cruzeta, permitindo a continuidade dos ensaios programados anteriormente (estabilização das temperaturas dos mancais e sobrevelocidade). Durante o ensaio de estabilização dos mancais houve novo problema na circulação de óleo do MGG, provocando uma perda de aproximadamente 500 l de óleo. Os ensaios foram interrompidos e a máquina foi parada para que o GIM pudesse analisar e esclarecer o ocorrido, tanto na circulação de óleo do MGG quanto nos valores de oscilação da cruzeta.

Os ensaios de rejeição de carga previstos para o dia 26 de janeiro de 2002 foram adiados em função do vazamento de óleo sobre o rotor do gerador pelo transbordamento de óleo da cuba superior do MGG.

Em 1º de fevereiro de 2002 foi concluída a limpeza do óleo derramado sobre o rotor e o estator. Durante o giro com água ocorreu um *trip* com a quebra de pinos de cisalhamento. A máquina ficou parada para o acerto do regulador de velocidade

por ter ocorrido um tempo de abertura além do especificado. Na seqüência, foram ajustados o regulador de velocidade, limpeza e refiltragem do óleo do tanque do regulador, para eliminar sujeira observada no interior desse tanque.

Em 3 de fevereiro a máquina girou para o prosseguimento dos ensaios com três testes de rejeição de carga. O primeiro foi feito com cerca de 25% de carga (100 MW) e o segundo, com cerca de 50% da carga (200 MW). Durante o processo de subida de carga para execução do terceiro teste de rejeição com 75% (300 MW), houve a quebra de pinos de ruptura quando a potência estava em torno de 280 MW.

Houve a troca de todos os 24 pinos de ruptura e foram tomadas algumas medidas preventivas para evitar a repetição do ocorrido, como o ajuste de fim-de-curso. Além disso, foi colocado um anel bipartido de 45 mm no êmbolo do servomotor, lado de abertura, para limitar o seu curso, evitando-se assim a necessidade de usar todos os batentes (24 bielas).

Em 7 de fevereiro foram feitos e concluídos os ensaios de rejeição 25%, 50%, 75% e 100% (100, 200, 300 e 397,5 MW). Em 16 de fevereiro de 2002, após a leitura dos *termopapers* instalados e a análise da Engenharia do GIM, a Unidade 1 foi liberada para o Sistema em operação comercial sem limitação de carga, ou seja, com potência nominal 397,5 MW e  $\cos\phi$  0,95.

### 5.5.3.2 Unidade 2

O comissionamento da Unidade 2 teve início em 27 de março de 2002 e terminou em 30 de abril de 2002. O primeiro giro mecânico da máquina ocorreu em 9 de abril. O enchimento foi iniciado por jusante em 5 de abril, prosseguindo no dia seguinte por montante. No dia 7 de abril, verificou-se que havia dificuldade no enchimento do conduto devido a vazamento situado em torno da elevação 346 m. Assim, tornou-se necessário esgotar a máquina e consertar esse vazamento.

Outra irregularidade constatada durante o comissionamento foi a dificuldade para a retirada da comporta-ensecadeira do primeiro vão (a comporta do segundo vão já havia sido retirada). Foi necessário o auxílio de mergulhadores para realizar essa tarefa. Em 9 de abril ocorreu o primeiro giro da máquina e foi iniciado o seu balanceamento.

Durante o processo de balanceamento houve problemas com o rompimento dos tirantes que suportavam o peso. Essa ocorrência foi objeto de relatório específico. Os danos foram reparados, o processo teve continuidade e o ensaio de balanceamento foi concluído com sucesso. O teste para a verificação da estabilização dos mancais começou em 11 de abril. Esse teste precisou ser abortado porque o mancal de guia do gerador (MGG) não apresentava tendência à estabilização – a temperatura da sapata mais quente estava por volta de 71°C. A máquina foi parada para inspeção. Em 12 de abril, com a abertura do MGG, verificou-se que o mesmo estava queimado.

**A Unidade 2 foi liberada e sincronizada ao Sistema Interligado em 30 de abril de 2002, iniciando a operação comercial.**

**O primeiro giro da Unidade 3 ocorreu em 22 de junho de 2002 e em 12 de julho ela entrou no Sistema Interligado em operação comercial.**

Após a conclusão dos serviços de substituição das sapatas do MGG tiveram prosseguimento os demais testes previstos no Manual de Procedimentos e Testes do Comissionamento. Em 30 de abril de 2002, a Unidade Geradora 2 foi liberada e sincronizada ao Sistema Interligado, iniciando a operação comercial.

### **5.5.3.3 Unidade 3**

O comissionamento da Unidade 3 teve início em 7 de junho de 2002 e terminou em 11 de julho do mesmo ano. O comissionamento da Unidade 3 foi realizado sem problemas significativos. Em 22 de junho de 2002, ocorreu o primeiro giro e em 12 de julho a Unidade entrou no Sistema Interligado em operação comercial.





## Memória fotográfica – Construção



Foto 1  
*Situação original da  
área do rio Pelotas,  
onde foi construída  
a Usina Hidrelétrica  
Machadinho – 1997.*



Foto 2  
*Sondagens iniciais  
realizadas no leito do  
rio Pelotas – 1997.*

## **Infra-estrutura**



Fotos 3, 4 e 5

***Obras na estrada de acesso ao canteiro da Usina, pavimentada pela MAESA e posteriormente disponibilizada para a comunidade.***

## Canteiro de obras

Foto 6

*Pátio de equipamentos no início da implantação do canteiro – março de 1998.*



Foto 7

*Central de concreto – junho de 1999.*



Foto 8

*Vista geral da obra – setembro de 2001.*



## Ensecadeiras



Foto 9  
*Início da construção da ensecadeira – junho de 1998.*



Foto 10  
*Fechamento do rio – outubro de 1999.*



Foto 11  
*Conclusão da ensecadeira – janeiro de 2000.*

## Tomada d'água e condutos forçados



Foto 12  
*Saída dos condutos forçados na casa de força – outubro de 1999.*

Foto 13  
*Armações de ferro no interior dos condutos forçados – março de 2001.*



Foto 14  
*Estrutura de concreto da tomada d'água – maio de 2001.*



## Túneis de desvio do rio



Foto 15  
*Armadura da estrutura do túnel de emboque T2 – dezembro de 1998.*

Foto 16  
*Escavações iniciais dos túneis de emboque T3 e T4 – setembro de 1999.*





Foto 17  
*Desvio do rio pelos túneis inferiores T1 e T2 – outubro de 1999.*



Foto 18  
*Estruturas de concreto dos túneis de emboque T1 e T2 - agosto de 1999.*

Foto 19  
*Estrutura para a selagem interna dos túneis.*



## Vertedouro



Foto 20  
*Escavações iniciais na área do vertedouro – novembro de 1998.*



Foto 21  
*Escavações em rocha na área do vertedouro – janeiro de 2000.*



Foto 22  
*Vista de jusante do vertedouro – junho de 2000.*



Foto 23  
*Estruturas de concreto do  
vertedouro – dezembro de 2000.*



Foto 24  
*Comportas do vertedouro – 2001.*



## Barragem principal



Foto 25  
*Lançamentos iniciais de materiais para a formação da base da barragem – setembro de 1998.*



Foto 26  
*Enrocamento na cota 403 m – novembro de 1999.*



Foto 27  
*Concretagem do muro do plinto - abril de 2000.*

Foto 28  
*Processo de enrocamento – novembro de 1998.*



Foto 29  
*Base da barragem – janeiro de 2000.*



Foto 30  
*Topo da barragem, utilizado como via de acesso para os trabalhos de concretagem – abril de 2001.*





Foto 31  
*Concretagem da barragem – abril de 2001.*

Foto 32  
*Fase final de concretagem.*



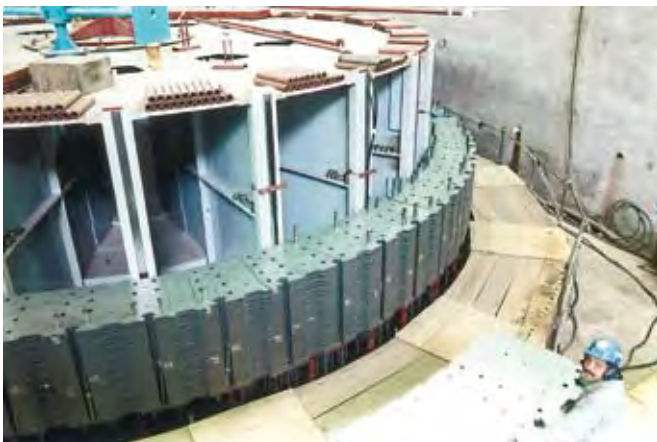


## Equipamentos eletromecânicos



Foto 33  
*Comporta-vagão da tomada d'água.*

Fotos 34 e 35  
*Montagem do estator – junho de 2001.*





Fotos 36, 37 e 38  
*Operação de descida do estator nº 1 – junho de 2001*

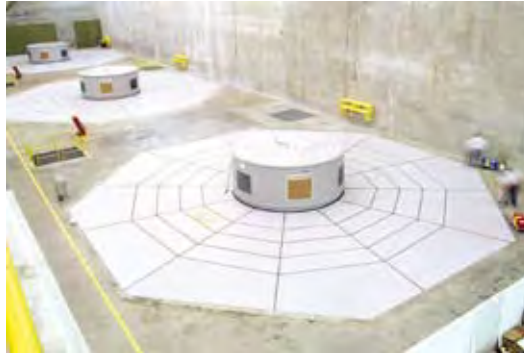
**UHE Machadinho - 2007**



Foto 39  
*Reservatório, tomada  
d'água e vertedouro.*

Foto 40  
*Vertedouro.*





Fotos 41 e 42  
*Casa de força e geradores.*

Foto 43  
*Piso do gerador, galeria elétrica.*



Foto 44  
*Galeria mecânica.*



**UHE Machado - 2007**



Foto 45  
*Sala de controle central.*

Foto 46  
*Linha de transmissão de 500kV que interliga a UHE Machado ao Subsistema Sul.*







# CAPÍTULO 6



PROGRAMAS AMBIENTAIS



Este capítulo apresenta os programas desenvolvidos para a implantação da Usina Hidrelétrica Machadinho a partir das orientações determinadas pelo Projeto Básico Ambiental – PBA, finalizado em outubro de 1997, assim como das licenças ambientais que se seguiram, no âmbito do processo de licenciamento ambiental da Usina Hidrelétrica Machadinho.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, ao considerar a necessidade de editar regras gerais para o licenciamento ambiental de obras de grande porte, especialmente aquelas nas quais a União tenha interesse relevante – como no setor de geração de energia elétrica –, indicou, pela Resolução CONAMA n.º 006, de 16/9/1987, que a Licença de Instalação (LI) dos empreendimentos de aproveitamentos hidrelétricos seja obtida mediante a entrega do PBA – processo que ocorre antes da realização da licitação para construção do empreendimento.

O PBA consiste de um conjunto de programas a serem desenvolvidos na etapa de implantação do empreendimento, cujos princípios e diretrizes gerais foram determinados anteriormente nos estudos ambientais (EIA e RIMA), respeitando as exigências e condicionantes fixadas pelo órgão ambiental licenciador. No caso da UHE Machadinho, o IBAMA aprovou o PBA no final de 1997, emitindo a LI em 6/2/1998, o que permitiu o início da etapa construtiva do empreendimento.

Os programas contidos no PBA são desenvolvidos, de uma forma geral, sob o enfoque da gestão ambiental, na qual se alia a percepção do aproveitamento do recurso natural – potencial hidráulico e das águas – como uma atividade industrial que provoca efeitos sobre o meio ambiente à consciência da necessidade de estabelecer medidas de controle, mitigadoras ou compensatórias em sua área de influência.

O resultado dessa equação é a recomposição da paisagem física e social, preservando suas qualidades e garantindo sua melhoria. Muitas das alterações provocadas por um empreendimento desse porte são conhecidas de antemão, não apenas em tese, mas também pelos inúmeros estudos preliminares realizados, desde as investigações e informações que antecedem o projeto – parte do inventário e da viabilidade –, até o conjunto de parâmetros levantados pelos estudos ambientais, contemplando os aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos da área de influência do empreendimento.

Assim, as medidas de controle, mitigadoras ou compensatórias a serem adotadas na etapa preparatória e de implantação, bem como aquelas de monitoramento executadas em períodos determinados ou ao longo da vida útil do empreendimento, observadas pelo empreendedor, devem refletir o avanço do conhecimento científico e o instrumental disponível naquele momento.

Na implantação da UHE Machadinho, as medidas e diretrizes anteriormente estabelecidas no PBA foram aprimoradas visando sua eficácia, sempre em conformidade como os preceitos e resoluções dos órgãos ambientais.

**O PBA é um conjunto de programas desenvolvidos na etapa de implantação do empreendimento, com princípios e diretrizes determinados pelos estudos ambientais (EIA e RIMA).**

Para melhor compreensão da fase de implantação da UHE Machadinho, apresenta-se a seguir a macroorganização estabelecida no PBA, segundo a qual as ações estão agrupadas em nove programas ambientais:

- ♦ Remanejamento da população abrangida.
- ♦ Recomposição físico-territorial da área abrangida.
- ♦ Adequação da infra-estrutura de serviços e recomposição das áreas da obra.
- ♦ Limpeza da bacia de acumulação.
- ♦ Preservação do patrimônio histórico-cultural, paisagístico e arqueológico.
- ♦ Conservação da flora e da fauna.
- ♦ Monitoramento e controle.
- ♦ Gerenciamento do reservatório.
- ♦ Comunicação social.

As informações apresentadas referem-se, principalmente, ao período de implantação da UHE Machadinho, que se estendeu de março de 1998 até a obtenção da Licença de Operação, emitida em 28 de agosto de 2001, data em que teve início o enchimento do reservatório, não obstante fazer-se referência aos programas que continuam na fase de operação do empreendimento.

Conforme determinado pela legislação ambiental, os estudos que demonstraram a viabilidade econômica e ambiental da UHE Machadinho, assim como as ações implementadas ao longo de sua implantação e posterior operação, foram realizados por equipes multidisciplinares. Tais equipes foram compostas por profissionais especializados, vindos dos mais renomados centros de excelência do país, com larga experiência tanto na implantação de usinas hidrelétricas quanto no trato dos aspectos regionais, sobretudo daqueles referentes à Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai.

## 6.1 Remanejamento da população abrangida

O processo de remanejamento da população rural abrangida teve por objetivo compensar os impactos sofridos pelos produtores rurais – proprietários e não-proprietários – abrangidos pela Usina Hidrelétrica Machadinho, indenizando-os pela perda da área abrangida ou removendo-os para outras áreas rurais necessárias à reinstalação e continuidade de suas atividades socioeconômicas e culturais.

### 6.1.1 Remanejamento da população rural

Em consideração à diversidade de situações que envolveram o deslocamento da população abrangida, foi adotada uma política de remanejamento em que os principais pressupostos são parte integrante do acordo assinado pela Centrais Elétricas do Sul do Brasil S/A (Eletrosul) e pela Comissão Regional de Atin-

**Os estudos que demonstraram a viabilidade econômica e ambiental da UHE Machadinho, assim como as ações implementadas ao longo de sua implantação e posterior operação, foram realizados por equipes multidisciplinares.**

**Os principais pressupostos da política de remanejamento eram parte integrante do acordo assinado pela Centrais Elétricas do Sul do Brasil S/A e pela Comissão Regional de Atingidos por Barragens (CRAB), em 1987.**

gidos por Barragens (CRAB), em 29 de outubro de 1987. Esse acordo, válido para as usinas hidrelétricas de Itá e Machadinho, foi ratificado em 1997, em reunião entre o Consórcio Machadinho e o Fórum dos Atingidos pela Barragem de Machadinho (FA). As diretrizes dessa política de remanejamento integraram o Contrato de Constituição do Consórcio para implantação e exploração do potencial energético da Usina Hidrelétrica Machadinho<sup>1</sup>.

Os conceitos e diretrizes acordados entre a Eletrosul e os movimentos sociais, inclusive com representantes das principais cooperativas que já atuavam na região (Coopédia, Cootrigo, Cotrel e Copal), ao longo de 1997, em reuniões realizadas<sup>2</sup> em vários municípios, foram agrupados em um documento único denominado Plano de Remanejamento Populacional (PRP). Esse documento ganhou a forma de um Manual Operacional, abrangendo os Critérios e Procedimentos para os Reassentamentos Rurais Coletivos, as Cartas de Crédito e Áreas Remanescentes. Foram ainda estabelecidos os Critérios para Determinação dos Valores Básicos Unitários para Avaliação de Áreas destinadas ao Canteiro de Obras e ao Reservatório, além do documento Atividades Referentes à Aquisição Patrimonial.

De acordo com Cadastro Socioeconômico (CSE) realizado pela Eletrosul em 1996, seriam diretamente atingidas 1.080 propriedades e 1.534 famílias. Até o início das obras, em março de 1998, esse cadastro foi atualizado, com a inserção de novas famílias e propriedades, chegando-se a 2.076 famílias e 1.272 propriedades. Contribuiu para o levantamento e adoção dos procedimentos nesse programa a empresa ETS – Energia, Transporte e Saneamento S/C Ltda.

#### **6.1.1.1 Conceitos do Plano de Remanejamento Populacional**

O Plano de Remanejamento Populacional consolidou as resoluções e alternativas de reassentamento acordadas entre a Eletrosul e os movimentos sociais, que serviram de orientação para as ações empreendidas pelo Consórcio Machadinho, a partir da implantação da UHE Machadinho. Para demonstrar o nível de comprometimento e a extensão dos serviços executados a partir do remanejamento compulsório dos abrangidos pela implantação da Usina, são apresentados a seguir alguns conceitos.

##### **6.1.1.1.1 Abrangidos**

Indivíduos, unidades familiares, órgãos oficiais, entidades ou empresas que foram abrangidas de forma direta pela implantação do empreendimento e também aqueles que sofreram significativo isolamento geográfico ou social.

<sup>1</sup> Usina Hidrelétrica Machadinho – Contrato de Constituição do Consórcio Machadinho N.º 20165004 de 15/1/1997.

<sup>2</sup> Foram realizadas três reuniões em 1997: em abril, na cidade de Capinzal (SC); em Campos Novos (SC), em 30 de setembro, e em Machadinho (RS), em 15 de dezembro.

#### 6.1.1.1.2 Beneficiários

Indivíduos ou famílias, proprietários ou não-proprietários, que além de cadastrados no CSE mantinham vínculo de dependência direta com uma ou mais propriedades abrangidas pelo empreendimento, dela(s) dependendo para sua subsistência e que ficaria(m) economicamente inviabilizada(s) pela supressão, quando a área fosse inundada.

#### 6.1.1.1.3 Tamanho dos lotes

Dimensão das áreas nos reassentamentos coletivos, determinada a partir da força de trabalho familiar dos beneficiários, composta pela soma das forças de trabalho de seus integrantes.

#### 6.1.1.1.4 Força de trabalho (FT)

Peso que se atribuiu a cada trabalhador rural, de acordo com condições específicas, para a execução de tarefas vinculadas às atividades agropecuárias. Variou, independentemente do sexo, em função de: idade da pessoa, destreza, saúde e disponibilidade de tempo para a execução das tarefas. Esses parâmetros seguiram, dentre outros fatores, a seguinte correlação:

Tipo	Faixa etária	FT
01	5 – 10	0,25
02	11 – 15	0,60
03	16 – 60	1,00
04	> 60	0,50

#### 6.1.1.1.5 Não-cadastrados

Indivíduos ou famílias não-registradas no CSE, em 1996, por omissão involuntária, decorrente de informação falsa, incompleta ou devido a uma ausência eventual e comprovadamente temporária, tiveram as suas reivindicações submetidas a um estudo de caso pela MAESA. A concessão ou não do direito de acesso aos benefícios inerentes às alternativas de reassentamento resultou de provas documentais e de depoimentos que levassem a indicativos comprobatórios de vínculo.

#### 6.1.1.1.6 Estudo de caso

Conjunto de ações que visavam comprovar, através de diversos meios e métodos, se o reivindicante tinha ou não, na época da realização do CSE, vínculo com determinada propriedade abrangida, dela dependendo para sua subsistência, enquadrando-se em uma das tipologias previstas pela compensação.

#### 6.1.1.1.7 Verba de manutenção

Pagamento de uma verba mensal, por um período variável entre três e nove meses, para subsistência do indivíduo ou da unidade familiar, garantido pela MAESA,

em conformidade com a efetiva necessidade apurada por critérios técnicos. Os valores mensais foram proporcionais à respectiva FT familiar.

#### **6.1.1.1.8 Ressarcimento à MAESA**

Diferença resultante entre o valor avaliado do imóvel ou benfeitoria, quer reprodutiva ou não-reprodutiva de propriedade do beneficiário, e o valor daquele de destino. Quando o beneficiário não fosse proprietário de bem imóvel, e nem em processo de vir a ser, estaria sujeito também ao ressarcimento de valores à MAESA. Nas duas condições caracterizou-se uma dívida que deveria ser paga mediante algumas condições, dentre as quais se destacam as seguintes:

- ♦ O beneficiário teria um prazo de carência de três anos para iniciar o pagamento do saldo devedor, podendo optar em iniciar o pagamento no primeiro, segundo ou terceiro ano. Uma vez iniciado o pagamento, o mesmo seria ininterrupto até a liquidação da última prestação ou quando o pagamento da dívida fosse antecipado.
- ♦ O valor apurado para a prestação seria convertido em um número de sacas de milho, utilizando-se como valor unitário o preço mínimo garantido pelo Governo Federal para o produto. Por ocasião do efetivo pagamento, haveria a reconversão para a moeda corrente nacional. O valor da prestação seria igual, em sacas de milho, do primeiro ao último pagamento.
- ♦ Encerrado o prazo de pagamento, após 10 anos, a dívida será considerada quitada e o reassentado receberá o título definitivo de propriedade do lote. Poderá ser facultada ao beneficiário, se assim acordado, a liquidação antecipada da dívida, cujo montante é o valor total do financiamento constante da escritura, deduzido o somatório das prestações já pagas. Caso os reassentados ao final dos dez anos cumpram todas as obrigações principais ou acessórias constantes da Escritura de Compra e Venda, a MAESA poderá dispensar o pagamento da dívida.

#### **6.1.1.1.9 Escrituração e hipoteca**

Todas as propriedades adquiridas, quer de natureza rural ou urbana, foram escrituradas gratuitamente pela MAESA em favor do beneficiário. Independentemente de haver ou não ressarcimento à MAESA, uma cláusula hipotecária vedou a venda do imóvel pelo prazo de 10, 11, 12 ou 13 anos, dependendo da carência adotada.

Essa condição de inalienabilidade, adicionada ao documento do imóvel adquirido, tem por objetivo resgatar um dos princípios básicos do acordo firmado entre a MAESA e os movimentos sociais, referentes à fixação das famílias no campo e sua possibilidade real de melhoria de vida pela posse da terra, exploração da atividade agrícola e conseqüente geração de renda.

**Todas as propriedades adquiridas na área rural e urbana foram escrituradas gratuitamente pela MAESA em favor do beneficiário.**

#### 6.1.1.1.10 Quitação da dívida em caso de morte do titular

Em caso de morte do beneficiário titular, a propriedade seria considerada quitada, permanecendo, contudo, a reserva de domínio em favor da MAESA por um prazo de dez anos, a partir da assinatura do Contrato de Compra e Venda com confissão de dívida.

Nos procedimentos documentais dos novos imóveis compreendidos nas modalidades de Reassentamentos Rurais Coletivos e Auto-Reassentamento, também denominado por Reassentamento Individual ou Carta de Crédito, foi adotado o modelo de Escritura Pública de Compra e Venda com Confissão de Dívida e Pacto Adjetivo de Hipoteca, com Cláusula de Inalienabilidade, na qual a MAESA aparece como interveniente pagante do valor do imóvel. Na hipótese de descumprimento dessa condição, em casos, por exemplo, de abandono do imóvel ou venda (chamada popularmente de “venda de gaveta”, pois não existe ainda a escritura definitiva do imóvel) a MAESA pode executar a dívida e leiloar posteriormente o imóvel.

### 6.1.2 Alternativas de compensação

No processo de remanejamento foram oferecidas cinco alternativas principais de compensação: indenização em dinheiro, reassentamento rural coletivo, reassentamento em área remanescente, auto-reassentamento e permuta (terra por terra).

#### 6.1.2.1 Indenização

Por indenização, entende-se a compensação recebida em dinheiro pelo valor da terra e/ou benfeitoria necessária ao empreendimento.

#### 6.1.2.2 Reassentamento Rural Coletivo – RRC

O RRC foi concebido dentro da ótica de mudança social, visando proporcionar a ascensão socioeconômica e cultural dos beneficiários, garantindo condições de reorganização e de melhoria do seu quadro de vida e preservando, na medida do possível, suas características culturais originais.

Para isso, foram previstas ações de melhoria do sistema de infra-estrutura básica, dos serviços de educação, de fomento à produção agropecuária e de assistência técnica agrícola e social por um período de cinco anos.

##### ♦ Dimensões dos RRCs

- Área Referencial: entre 700 e 1.200 hectares (variável de acordo com a Força de Trabalho).
- Lote: composto de casa (54 m<sup>2</sup>, 63 m<sup>2</sup> ou 72 m<sup>2</sup>), galpão (96 m<sup>2</sup>), área de lavoura, luz, água potável, centrais telefônicas e área de reserva obrigatória (área de conservação para fins de reserva legal).

**Os Reassentamentos Rurais Coletivos visavam proporcionar a ascensão socioeconômica e cultural dos beneficiários, garantindo condições de reorganização e de melhoria do seu quadro de vida.**

**O auto-reassentamento permitiu ao beneficiário se responsabilizar pelo próprio remanejamento.**

- Área comunitária: composta de igreja (centro ecumênico), centro de convivência, cancha de bocha, campo de futebol e escola (poder público).
- Implantação: auxílio ao transporte da mudança, convênio com as associações de reassentados para o preparo do solo destinado ao plantio, verba de manutenção e ressarcimento após três anos de carência, com um pagamento anual durante dez anos. A moeda de referência acertada correspondeu a valores proporcionais a sacas de milho.

### **6.1.2.3 Pequeno Reassentamento Rural Coletivo – PRRC**

Caracterizaram-se pelos reassentamentos contíguos aos núcleos urbanos, de acordo com a escolha das famílias atingidas. Pela proximidade às cidades, não foram dotados de benfeitorias comunitárias. Apresentam infra-estrutura semelhante à do RRC e seu tamanho obedece à Força de Trabalho (FT) das famílias.

- ♦ Implantação: apoio à reinserção mediante auxílio ao transporte da mudança, convênio com as associações de reassentados para o preparo do solo destinado ao plantio, verba de manutenção e ressarcimento após três anos de carência, com um pagamento anual durante dez anos.

### **6.1.2.4 Reassentamento Rural Coletivo Diferenciado – RRCD**

Esses reassentamentos corresponderam à instalação de famílias em áreas contíguas ou próximas aos núcleos urbanos de Machadinho e Campos Novos, dotadas de parte dos equipamentos coletivos disponibilizados nos demais reassentamentos rurais.

### **6.1.2.5 Reassentamento em Áreas Remanescentes – ARE**

Essa modalidade caracterizou-se pelo reassentamento em uma ou mais áreas remanescentes, que se tornaram disponíveis devido à sua inviabilidade para as famílias que as habitavam anteriormente. Foi viabilizada após a avaliação documental dos imóveis.

- ♦ Lote: composto de infra-estrutura (luz, água, acessos), casa (54 m<sup>2</sup>, 63 m<sup>2</sup> ou 72 m<sup>2</sup>) e galpão (96 m<sup>2</sup>).
- ♦ Implantação: apoio à reinserção mediante auxílio à mudança, verba de manutenção e isenção de ressarcimento, além de verba de calcário para correção do solo.

### **6.1.2.6 Reassentamento individual – Auto-reassentamento (Carta de Crédito)**

Também conhecido como Carta de Crédito Convencional Rural, Especial Rural

e Especial Urbana, o auto-reassentamento permitiu ao beneficiário se responsabilizar pelo próprio remanejamento. No momento da definição da compensação junto aos abrangidos, algumas famílias, por serem compostas por pessoas mais idosas, preferiram mudar-se para as cidades mais próximas. Esses casos resultaram na concessão de Cartas de Crédito Especial Urbana.

Houve casos de concessão de Carta de Crédito Especial Rural para unidades familiares especiais, com o dimensionamento correspondente à sua menor força de trabalho, nos mesmos moldes aplicados no RRC.

A definição para o valor da Carta de Crédito emitida variava de acordo com o tamanho da casa, em razão da composição familiar, pois o dimensionamento do lote era padrão, seguindo as características da Força de Trabalho Familiar, para o enquadramento como Convencional ou Especial Rural. Para a composição de valor da Carta de Crédito Especial Urbana não era contemplado o valor do galpão, somente do lote e da casa.

#### ♦ Dimensões

- Lote: padrão médio na região de origem com área de 17 ha, divididos em 10 ha de lavoura, 0,5 ha de acessos e instalações internas, 3 ha de potreiro e 3,5 ha destinados à área de reserva obrigatória (área de proteção). Benfeitorias principais obrigatórias: casa, de acordo com o tamanho da família (54 m<sup>2</sup>, 63 m<sup>2</sup> ou 72 m<sup>2</sup>), e galpão (96 m<sup>2</sup>).
- Implantação: semelhante ao RRC, com apoio à reinserção mediante auxílio à mudança, verba de manutenção (por até nove meses), além de verba de calcário para correção do solo, e ressarcimento após três anos de carência, com um pagamento anual durante dez anos. A moeda de referência acertada correspondeu a valores proporcionais a sacas de milho.

#### 6.1.2.7 Permuta

Tipo de compensação que ocorreu quando, na negociação, os proprietários ou posseiros possuíam áreas de difícil acesso. Caso fosse de interesse do beneficiário, ele permutaria suas terras por áreas situadas no platô da região atingida, que algumas vezes incluíram moradia. Correspondeu, assim, à troca do seu direito de indenização em dinheiro, por uma ou mais áreas remanescentes de posse da MAESA.

A partir da constituição do plano de remanejamento da população abrangida, de acordo com os conceitos e diretrizes aplicados, classicamente, nos empreendimentos envolvendo barragens, foram definidas modalidades de compensação, que resultaram no atendimento de cerca de 2.076 famílias, conforme indica a tabela 6.1.



As negociações para aquisição e liberação de todas as 1.272 propriedades diretamente abrangidas pela formação do reservatório foram concluídas em junho de 2000.

Tabela 6.1

### Modalidades de compensação e famílias abrangidas

Modalidades de compensação	Famílias
<b>Indenização</b>	<b>1.011</b>
Total	753
Parcial	258
<b>Reassentamentos Rurais</b>	<b>246</b>
Reassentamento Rural Coletivo	183
Pequeno Reassentamento Rural Coletivo	30
Reassentamento Rural Coletivo Diferenciado	33
<b>Reassentamento em Áreas Remanescentes</b>	<b>28</b>
<b>Reassentamento individual - auto-reassentamento (Carta de Crédito)</b>	<b>764</b>
<b>Permuta (terra por terra)</b>	<b>27</b>
<b>Total</b>	<b>2.076</b>

As negociações para aquisição e liberação de todas as 1.272 propriedades diretamente abrangidas pela formação do reservatório foram concluídas em junho de 2000.

## 6.1.3 Situação de cada modalidade de reassentamento

### 6.1.3.1 Reassentamento Rural Coletivo – RRC

As atividades de implantação de Reassentamentos Rurais Coletivos nas áreas adquiridas para essa finalidade foram concluídas em dezembro de 2003, com 183 famílias reassentadas em 4.011,33 ha, resultando em 21,92 ha por família, conforme apresenta a tabela 6.2.

Tabela 6.2

### Reassentamentos Rurais Coletivos – Famílias residentes e área

Localidades	Famílias	Área (ha)
Barracão I (RS)	29	692,18
Barracão II (RS)	20	391,46
Barracão III / São José do Ouro (RS)	59	1.101,63
Campos Novos I e II (SC)	29	677,51
Campos Novos Menegatti (SC)	13	281,32
Curitibanos (SC)	33	867,62
<b>Total</b>	<b>183</b>	<b>4.011,72</b>

### 6.1.3.2 Pequeno Reassentamento Rural Coletivo – PRRC

A implantação do PRRC foi concluída em dezembro de 2003, nas quatro áreas, com 30 famílias, conforme mostra a tabela 6.3.

Tabela 6.3

### Pequenos Reassentamentos Rurais Coletivos

Localidades	Famílias
Capinzal (SC)	10
Zortéa (SC)	8
Erechim (RS)	7
Barracão Belo/Betiollo (RS)	5
<b>Total</b>	<b>30</b>

Dentre as ações desenvolvidas, destaca-se a doação, no início de 2004, de parte da gleba do Pequeno Reassentamento Rural Coletivo de Erechim para a FUNDEP – Fundação do Desenvolvimento Educação e Pesquisa da Região Celeiro (lote 8, com 11,9147 ha), com a finalidade de construção e manutenção de uma escola agrícola no PRRC Erechim, para oferecer cursos de qualificação de primeiro, segundo e terceiro graus, beneficiando principalmente a população residente no reassentamento. As obras projetadas estão em fase de conclusão.

#### 6.1.3.3 Reassentamento Rural Coletivo Diferenciado – RRCD

Em dezembro de 2003, foi concluído o remanejamento dos 33 beneficiários nos RRCD, originários das modalidades de carta de crédito, reassentamento rural coletivo e permuta para execução de estrada. As famílias foram instaladas em Campos Novos (6) e Machadinho (27). As famílias de Machadinho utilizam as comunidades de Raia do Pessegueiro e Linha Encruzilhada, sendo que algumas freqüentam a sede municipal. O RRCD Campos Novos dista cerca de 20 km da sede municipal.

#### 6.1.3.4 Reassentamento em Áreas Remanescentes – ARE

Foram atendidas todas as 28 famílias que optaram por reassentamento em áreas remanescentes, tornadas viáveis pelo remembramento de porções de propriedades parcialmente atingidas.

#### 6.1.3.5 Reassentamento Individual – Auto-reassentamento (Carta de Crédito)

As 764 famílias que optaram por auto-reassentamento, por meio da Carta de Crédito Rural, foram atendidas na fase de implantação.

As famílias beneficiadas nessa modalidade permaneceram nos seus municípios de origem ou próximos deles, em sua maioria. Considerando a origem das famílias, do total proveniente dos municípios de Santa Catarina, 96% ficaram em municípios do próprio estado, enquanto que no Rio Grande do Sul, 70,6% permaneceram no próprio estado.

Do total de Cartas de Crédito negociadas pela UHE Machadinho, 70,8% contemplaram famílias originárias dos quatro municípios abrangidos pelo reservatório,

localizados no estado do Rio Grande do Sul. Menos de 3% das famílias mudaram-se para municípios do estado do Paraná.

As tabelas 6.4 e 6.5 apresentam os números de Cartas de Crédito e o resumo da origem e destino das famílias contempladas.

Tabela 6.4

### Origem e destino das famílias contempladas pela modalidade de Reassentamento Individual (Auto-reassentamento, Cartas de Crédito)

Estado	Municípios	Destino			Total
		SC	RS	PR	
SC	Anita Garibaldi	6	0	0	6
	Campos Novos	19	2	0	21
	Capinzal	27	1	0	28
	Celso Ramos	33	0	0	33
	Piratuba	68	1	2	71
	Piratuba (Canteiro de Obras)	23	1	0	24
	Zortéa	38	2	0	40
	<b>Subtotal</b>	<b>214</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>223</b>
RS	Barracão	11	59	9	79
	Machadinho	95	170	11	276
	Maximiliano de Almeida	11	55	0	66
	Maximiliano de Almeida (Linha São Francisco)	6	42	0	48
	Maximiliano de Almeida (Canteiro de Obras)	14	46	0	60
	Pinhal da Serra	2	10	0	12
	<b>Subtotal</b>	<b>139</b>	<b>382</b>	<b>20</b>	<b>541</b>
<b>Total geral</b>	<b>353</b>	<b>389</b>	<b>22</b>	<b>764</b>	

Tabela 6.5

### Origem e destino das famílias contempladas pela modalidade de Reassentamento Individual (Auto-reassentamento, Cartas de Crédito), total e (%)

Estado	Origem		Destino						
	Total	(%)	SC	(%)	RS	(%)	PR	(%)	(%)
SC	223	29,2	214	96,0	7	3,1	2	0,9	100,0
RS	541	70,8	139	25,7	382	70,6	20	3,7	100,0
<b>Total</b>	<b>764</b>	<b>100,0</b>	<b>353</b>	<b>46,2</b>	<b>389</b>	<b>50,9</b>	<b>22</b>	<b>2,9</b>	<b>100,0</b>

#### 6.1.4 Serviços de apoio diversos

A fim de proporcionar condições para que o processo de remanejamento ocorresse da forma mais harmônica possível e que os resultados do remanejamento fossem otimizados, a MAESA disponibilizou gratuitamente uma série de serviços e facilidades aos beneficiários, dentre as quais destacam-se:

- ♦ Informação permanente, individual ou coletiva, dos direitos de qualquer natureza existentes ou que viessem a ser criados, relativos à cronologia dos trabalhos do reservatório e da obra da Usina – ou qualquer outro que pudesse ser de interesse do beneficiário.
- ♦ Apoio jurídico para legalização documental das terras do reservatório, instauração de inventários e processo de usucapião, legalização da situação matrimonial e quaisquer outras ações necessárias para a liberação das áreas do reservatório.
- ♦ Escrituração da nova propriedade em nome do beneficiário titular, obedecidas as condições previstas no PRP.
- ♦ Assistência técnica e social, por um período de cinco anos, para os optantes por Reassentamentos Rurais Coletivos – RRC.
- ♦ Auxílio na mudança, que incluía tanto o fornecimento de veículos adequados para o transporte das famílias, dos animais e dos pertences quanto às providências anteriores, como escolha da data mais propícia para o deslocamento.
- ♦ Monitoramento das condições sociais dos indivíduos e das famílias, considerando como marco referencial inicial a avaliação feita no local de origem, localizado no reservatório.
- ♦ Apoio à reinserção na nova região, aos optantes por Carta de Crédito ou por Reassentamento em Áreas Remanescentes até a emancipação da família ou por um período de dois anos.

**O diagnóstico socioeconômico da população abrangida deu parâmetros para estabelecer os procedimentos metodológicos, visando a percepção das mudanças ocorridas.**

Esse programa de assistência complementar aos abrangidos compreendeu a preparação das famílias para a mudança e a sua reinserção na nova região de residência. Contemplou ainda a orientação para a prática agrícola, visando a auto-sustentabilidade da família beneficiada em sua nova propriedade.

Além da assistência aos abrangidos, esse programa procurou melhorar o preparo técnico dos beneficiários para gerenciarem, com sucesso, a nova propriedade – principalmente os abrangidos sem experiência em agricultura na condição anterior à implantação do projeto.

Ao todo, foram realizadas 1.281 visitas de apoio às famílias e 1.653 visitas às entidades e instituições, na busca pela emancipação dos beneficiados.

### **6.1.5 Monitoramento do Remanejamento da População Rural**

O desenvolvimento desse subprograma esteve sob a responsabilidade da empresa SSI – Serviço Social Integrado, que em 1998 deu início ao levantamento da população que deveria ser acompanhada no processo de reintegração às novas áreas.

De acordo com os procedimentos adotados neste subprograma, foi realizado um diagnóstico socioeconômico da população abrangida e estabelecidos os procedimentos metodológicos, visando a percepção das mudanças ocorridas.

### 6.1.5.1 Diagnóstico inicial

Entre as medidas de controle ambiental, apresentadas no EIA/RIMA, aquela voltada ao remanejamento da população indicava, em meio a seus objetivos, garantir aos produtores rurais afetados as condições de reorganização e melhoria do seu quadro de vida, preservando os aspectos socioculturais existentes e a fixação do homem no meio rural. Diante dessas medidas, o PBA incluía no Programa de Remanejamento da População Atingida o projeto de monitoramento do remanejamento da população rural, a fim de verificar as alterações provocadas por essa mudança no quadro de vida da população, identificar eventuais desvios entre o planejado e o executado e avaliar a eficácia dos programas implantados.

Por meio de entrevistas com as famílias beneficiadas, a atividade de monitoramento do remanejamento da população previa a verificação da situação socioeconômica das famílias atingidas pela implantação do empreendimento em diferentes períodos, em intervalos de tempo determinados.

### 6.1.5.2 Micromonitoramento

Além do programa de monitoramento do remanejamento da população, a MAESA implantou um programa não-previsto no PBA, visando o atendimento às famílias que optaram pelas formas de compensação de Reassentamento Individual – Auto-reassentamento (Carta de Crédito Convencional Rural e Especial) e Área Remanescente. Dentro dessa iniciativa, foi oferecido apoio para que o processo de reinserção se desse com o menor impacto possível e atendesse, plenamente, a um dos objetivos específicos do remanejamento: proporcionar uma situação melhor do que a anteriormente vivida pelas famílias diretamente afetadas pelo empreendimento. Esse programa, denominado de micromonitoramento, foi realizado em três momentos distintos, conforme indica a tabela 6.6.

Tabela 6.6

#### **Etapas do micromonitoramento das famílias compreendidas pelo auto-reassentamento**

Visitas	Momento da entrevista
A0	No local de origem (antes da mudança).
A1	40 dias após mudança.
A2	Após a colheita da primeira safra na nova propriedade.

Fonte: Relatório ETS, 2001

Além desses três momentos, foram feitas diversas visitas de apoio técnico e social a várias famílias, de acordo com a vulnerabilidade identificada no momento do primeiro contato: visitas mensais, para aquelas de alta vulnerabilidade; bimestrais, àquelas de média vulnerabilidade, e semestrais, para as famílias de baixa vulnerabilidade.

Integraram esse programa as seguintes atividades:

- ♦ Coleta de dados, por família, na situação de origem e determinação do grau de vulnerabilidade.
- ♦ Apoio físico e financeiro para a mudança à nova propriedade.
- ♦ Apoio técnico, econômico e social às famílias reassentadas para a correção do solo e implantação dos processos produtivos e a entrega da Escritura Pública de Promessa de Compra e Venda.

Após a execução de uma amostra de 340 famílias visitadas no programa de micromonitoramento, nos momentos A0 e A2, avaliou-se um aumento na produção, produtividade, área cultivada e número de beneficiários – no período entre o primeiro contato, ainda na propriedade de origem, para o terceiro contato, após a colheita da primeira safra agrícola. Na tabela 6.7 pode-se observar o crescimento apresentado nas culturas de milho, soja e feijão nesse período. A pesquisa junto às famílias, em cada uma das fases ou tempos programados (A0 e A2), foi realizada com o total ou com uma amostra estatística consistente do universo de famílias remanejadas.

Tabela 6.7

### Programa de micromonitoramento – Resultados amostrais da produção agrícola nos períodos pesquisados até 2001

Cultura	A0				A2			
	Produção total/sacas	Produtividade saca/ha	Área total (ha)	Nº beneficiários	Produção total/sacas	Produtividade saca/ha	Área total (ha)	Nº beneficiários
Milho	13.667	34,25	399	86	20.699	47,90	432	97
Soja	123	12,30	10	3	3.356	33,56	100	23
Feijão	224	22,40	10	11	794	15,88	50	40
Arroz	-	-	-	-	44	40,00	1	2
Trigo	-	-	-	-	640	16,00	40	7
Aveia	-	-	-	-	15	10,00	1,5	1
Mandioca	-	-	-	-	60/t	60/t	1,0	1

Fonte: Relatório ETS, 2001

#### 6.1.5.3 Macromonitoramento

Conforme estabelecido no PBA, o programa de monitoramento do remanejamento da população caracterizou-se por um macromonitoramento, desenvolvido em quatro etapas, conforme mostra a tabela 6.8. O macromonitoramento tinha por objetivo avaliar quantitativa e qualitativamente a situação econômica e social das famílias, além de analisar eventuais transtornos ocorridos pelo remanejamento involuntário.

Tabela 6.8

**Etapas do monitoramento da população rural**

Etapa	Momento da visita
T0	No local de origem (antes da mudança).
T1	6 (seis) meses após a mudança.
T2	Após a colheita da primeira safra na nova propriedade.
T3	Após a colheita da segunda safra na nova propriedade.

Fonte: Relatório ETS, 2001

As adversidades climáticas que atingiram a região na época não permitiram que muitas famílias colhessem a segunda safra em T2 e a quarta safra em T3, conforme previa o PBA, o que levou a equipe técnica a abordar as famílias de acordo com o resultado apresentado em suas novas áreas. As etapas T0, T1 e T2 foram realizadas entre 1998 e 2002, à medida que os grupos de famílias eram contemplados pelas várias modalidades de compensação. Durante os anos de 2003 e 2004 foram realizadas entrevistas qualitativas, para checar alguns parâmetros da pesquisa. A última etapa, denominada T3, foi realizada em 2005.

O acompanhamento das famílias foi realizado por meio de visitas, avaliando indicadores organizados em três conjuntos de pesquisa: de qualidade de vida, aspectos econômicos e de inserção social.

**6.1.5.3.1 Pesquisa Qualidade de Vida**

A pesquisa Qualidade de Vida teve por objetivo avaliar os seguintes aspectos:

- ♦ Escolaridade (crianças com idade escolar, frequência à escola, facilidade de acesso e transporte até a escola).
- ♦ Atendimento à saúde (distância ao posto de saúde ou hospital, tempo de espera nas consultas).
- ♦ Habitação (tipo de moradia, material utilizado, área construída, utilização da moradia, número de habitantes por cômodo, local de captação de água, disponibilidade de água encanada e de sistema de esgoto sanitário).
- ♦ Destino do lixo doméstico.
- ♦ Energia elétrica.
- ♦ Bens duráveis em uso na residência.
- ♦ Meios de transporte.

**6.1.5.3.2 Pesquisa Aspectos Econômicos**

A pesquisa Aspectos Econômicos teve por objetivo avaliar os seguintes aspectos:

- ♦ Superfície total do imóvel.
- ♦ Unidade homem trabalho (força de trabalho da família e extrafamiliar).

- ♦ Superfície agrícola utilizada.
- ♦ Superfície de pastagens (cultivadas, naturais e total).
- ♦ Superfície de tanques para criação de peixes.
- ♦ Unidades de animais.
- ♦ Benfeitorias utilizadas no processo de produção.
- ♦ Bens de produção.
- ♦ Produção beneficiada no imóvel.
- ♦ Unidades de tração.
- ♦ Valor agregado bruto.

**Em abril de 2004 constatou-se que grande parte das famílias já se encontrava inserida social e economicamente nas novas áreas.**

#### 6.1.5.3.3 Pesquisa Inserção Social

A pesquisa Inserção Social teve por objetivo avaliar os seguintes aspectos:

- ♦ Recebimento de verba de manutenção.
- ♦ Abertura de conta em estabelecimento bancário.
- ♦ Obtenção de crédito comercial.
- ♦ Associação a cooperativas e sindicatos.
- ♦ Assistência técnica.
- ♦ Membros da família trabalhando fora do imóvel.

#### 6.1.5.4 Resultados obtidos

Dos levantamentos executados até o final de 2002 e nas várias visitas realizadas em 2003 e 2004 foram obtidas novas evidências da melhoria da situação das famílias reassentadas.

Nesse sentido, cabe destacar um relatório encaminhado ao IBAMA em abril de 2004<sup>3</sup>, que tinha por objetivo informar as medidas adotadas pelos programas ambientais de remanejamento, para mitigar ou atenuar os impactos relativos a isolamento social e desativação de equipamentos. Naquela ocasião, constatou-se que grande parte das famílias já se encontrava inserida social e economicamente nas novas áreas.

Numa amostra de 115 famílias contempladas pelo Reassentamento Rural Coletivo, de um total de 246 famílias inseridas nessa modalidade, foram obtidos os seguintes resultados nos tempos T0 e T2:

- ♦ **Habitação:** de 115 famílias que na fase T2 passaram a ter casas de alvenaria, 87% possuíam, na origem, casa de madeira, 12% casa de alvenaria e 1% casa mista.
- ♦ **Local de captação de água:** de 115 famílias que na fase T2 serviam-se de poço artesiano, 56% obtinham água, nas localidades de origem, em poço simples, 42% em fontes e 2% em poço artesiano.

<sup>3</sup> MAESA/SSI – Serviço Social Integrado – “Análise dos resultados da Execução dos Programas de Remanejamento da População, Adequação da Infra-estrutura de Serviços, Recomposição Físico-Territorial das Áreas Atingidas e das Áreas da Obra da UHE Machadinho”, Abril/2004, em atendimento ao ofício N.º 104/04 – CFGLIC/DILIQ/IBAMA, datado de 26 de janeiro de 2004.



- ♦ Energia elétrica: de 115 famílias que passaram a ter energia elétrica na fase T2, 22% não possuíam esse recurso nos locais de origem.
- ♦ Superfície de imóvel próprio: esse é um dos indicadores mais evidentes da melhoria da qualidade de vida da população remanejada, pois a apropriação de uma área maior na fase posterior à mudança foi significativa, conforme apresenta a tabela 6.9. Cabe ressaltar que a posse da terra é o objetivo de grande parte dos trabalhadores do setor agrícola.

Tabela 6.9

### Superfície do imóvel próprio, considerando as etapas T0 e T2 – (%)

Imóveis	Etapa T0 (%)	Etapa T2 (%)
Sem imóvel próprio	59	0
Até 1 ha	1	0
De 1 a 10 ha	24	8
De 11 a 20 ha	15	28
Mais de 21 ha	1	64
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: Relatório SSI,2002

- ♦ Superfície Agrícola Utilizada – SAU: representa a área agrícola efetivamente utilizada para a agropecuária. Na tabela 6.10 pode-se verificar o aumento significativo da área no período analisado.

Tabela 6.10

### Superfície agrícola utilizada pela agropecuária, considerando as etapas T0 e T2 – (%)

Imóveis	Etapa T0 (%)	Etapa T2 (%)
Nenhum ha	10	0
Menos de 5 hectares	24	4
De 5 a 10 hectares	45	13
De 11 a 20 hectares	17	73
Mais de 21 hectares	4	10
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: Relatório SSI,2002

- ♦ Produção Total de Grãos: a tabela 6.11 apresenta o aumento na produção de grãos nas duas fases comparativas.

Tabela 6.11

**Produção total de grãos, considerando as etapas T0 e T2 – (%)**

Produção (em sacas)	Etapa T0 (%)	Etapa T2 (%)
Não produzem	10	0
Até 50	28	3
De 51 a 100	27	8
De 101 a 200	24	6
De 201 a 500	10	47
Mais de 501	1	36
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: Relatório SSI, 2002

Dos resultados alcançados no monitoramento, além dos aspectos econômicos observados nos quadros apresentados, houve maior inserção social após o remanejamento, em especial nos seguintes aspectos:

- ♦ Abertura de contas em estabelecimento bancário.
- ♦ Associação a empresas de fomento agrícola.
- ♦ Acesso à assistência técnica.
- ♦ Participação em grupos e atividades comunitárias.

Além da melhoria de vida das famílias que foram reassentadas, verificadas nas consultas por ocasião do monitoramento, os relatórios documentam ainda que não houve decréscimo da produção agrícola nos municípios mais atingidos pela UHE Machadinho, em especial nos municípios de Barracão, Machadinho e Maximiliano de Almeida, localizados no Rio Grande do Sul. Nesses municípios, onde houve perda de território e de famílias que foram reassentadas em outras áreas, foi constatado um aumento percentual na área cultivada e na produção, no período entre 1998 e 2003, conforme apresenta a tabela 6.12.

Tabela 6.12

**Evolução da produção agrícola, das áreas cultivadas e da exploração pecuária nos municípios do Rio Grande do Sul atingidos pela UHE Machadinho – (%) – 1998 a 2003**

Municípios (*)	Área cultivada (%)	Produção (%)	Pecuária (%)
Barracão	14,13	6,03	-14,78
Machadinho	13,29	16,42	-11,75
Maximiliano de Almeida	64,45	114,37	5,34

Fonte: IBGE, EMATER/RS

(\*) Nessa análise da evolução da agropecuária não consta o município de Pinhal da Serra, desmembrado de Esmeralda em 1996, em função da pequena área atingida localizada no final do reservatório.

As áreas adquiridas pelo empreendimento, ocupadas originalmente pelas famílias reassentadas ou indenizadas, apresentavam acentuado índice de inclinação e mostravam-se, na maioria das vezes, impróprias para a agricultura mecanizada. A maior parte das áreas, além de coberta por vegetação densa, de porte arbóreo, era formada por pastagem, explorada na criação de bovinos em sistema extensivo. Apenas uma pequena parte delas era to-

Além da melhoria de vida das famílias que foram reassentadas, verificadas nas consultas por ocasião do monitoramento, não houve decréscimo da produção agrícola nos municípios mais atingidos pela UHE.

**As 246 famílias contempladas nos Reassentamentos Rurais Coletivos foram distribuídas em diversas localidades, em função da disponibilidade de área e manutenção da proximidade aos antigos locais de origem.**

mada pela agricultura familiar de subsistência. Embora constata a diminuição das áreas de cultivo, a análise da performance da pecuária no período analisado demonstra a melhoria qualitativa dos plantéis.

Na última fase da abordagem, no período de março a novembro de 2005, foi completado o levantamento proposto nesse subprograma, mediante a realização de entrevistas no universo das famílias beneficiadas – em amostras de 20% a 30% do seu total, ou em tamanho definido, respeitando-se a consistência da metodologia utilizada.

A tabela 6.13 apresenta o universo das famílias remanejadas da área abrangida pelo Reservatório e a evolução do monitoramento nos quatro tempos estabelecidos.

Tabela 6.13

### Famílias monitoradas por tipo de remanejamento

Tipo de remanejamento	Famílias (total)	Famílias monitoradas nos quatro tempos			
		T0	T1	T2	T3
<b>Indenização <sup>(1)</sup></b>	<b>1.011</b>	<b>203</b>	<b>203</b>	<b>203</b>	<b>-</b>
Indenização total	753	151	151	151	
Indenização parcial	258	52	52	52	
<b>Reassentamento Rural Coletivo <sup>(2)</sup></b>	<b>246</b>	<b>187</b>	<b>173</b>	<b>126</b>	<b>47</b>
Reassentamento em Área Remanescente	28	28	28	28	-
<b>Reassentamento Individual – Auto-reassentamento (Cartas de Crédito)</b>	<b>764</b>	<b>764</b>	<b>739</b>	<b>270</b>	<b>162</b>
CC convencional	607	607	582	223	162
CC Especial rural	119	119	119	47	-
CC Especial urbana <sup>(3)</sup>	38	38	38	-	-
<b>Total <sup>(4)</sup></b>	<b>2.049</b>	<b>1.182</b>	<b>1.143</b>	<b>627</b>	<b>209</b>

Fonte: SSI – Relatórios de Monitoramento, várias datas

(1) Para esse grupo o monitoramento foi feito por amostragem nos vários tempos.

(2) O detalhamento desse tipo de reassentamento encontra-se na tabela 6.14 e foi amostrado em T1, T2 e T3. O universo das 246 famílias não estava completo quando foram iniciadas as pesquisas em 1998.

(3) Para esse grupo de famílias o tempo se encerra na Etapa T1.

(4) O processo de monitoramento considerou exclusivamente as famílias remanejadas, não envolvendo aquelas que tiveram permuta de terras.

As 246 famílias contempladas nos Reassentamentos Rurais Coletivos foram distribuídas em diversas localidades, em função da disponibilidade de área e manutenção da proximidade aos antigos locais de origem. A tabela 6.14 apresenta a evolução do monitoramento efetuado junto a essas famílias nas quatro fases, conforme sintetizados na tabela anterior.

Tabela 6.14

**RRC – Famílias monitoradas por reassentamento rural**

Reassentamentos	Famílias	Famílias monitoradas			
		T0	T1	T2	T3
Capinzal	10	10	10	11	4
Zortéa	8	8	-	-	-
Erechim	7	-	-	-	-
Diferenciado Campos Novos	6	6	-	6	-
Curitibanos e Anexo	33	33	33	38	11
Campos Novos Menegatti	42	22	22	22	9
Diferenciado Machadinho	27	-	-	-	-
Barracão I	29	30	30	30	17
Barracão II – Magarinos	20	19	19	19	1
Barracão III – Lottice	49	49	49	-	5
Barracão IV – Bérغامo	10	10	10	-	-
Barracão – Belo	3	-	-	-	-
Barracão – Betiollo	2	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>246</b>	<b>187</b>	<b>173</b>	<b>126</b>	<b>47</b>

Fonte: SSI – Relatórios de Monitoramento, várias datas

De acordo com os levantamentos realizados, confirmou-se a melhoria da situação presente frente à anterior, antes da mudança, em especial quanto às condições de acesso, habitabilidade dos lotes e inserção social e econômica.

De uma forma geral, o resultado obtido ao final dos levantamentos indicou que essa condição de melhoria tende a se manter, com base no fato de que as comunidades formadas estão mais organizadas e as famílias estão totalmente adaptadas a seu novo ambiente. Além disso, essas famílias têm obtido retorno de sua atividade produtiva, apesar das dificuldades enfrentadas em razão das adversidades climáticas que atingiram toda a região.

## 6.1.6 Assistência técnica, agrícola e social

### 6.1.6.1 Contexto inicial

A assistência técnica, agrícola e social visa propiciar, mediante orientação adequada, a emancipação das famílias que foram reassentadas pela Usina Hidrelétrica Machadinho, de forma a garantir sua permanência nas novas localidades, a auto-sustentabilidade dos seus lotes agrícolas e sua inserção no novo contexto social e geográfico.

De acordo com o estabelecido pelo PBA, e posteriormente executado, o público-alvo desse subprograma compreendeu as famílias que optaram pelos Reassentamentos Rurais Coletivos, a fim de receberem orientações técnicas durante cinco anos, a partir da instalação nos novos lotes.

Os projetos de Reassentamentos Rurais Coletivos foram concebidos dentro da ótica de mudança social, buscando proporcionar a ascensão socioeconômica e cultu-

**As famílias que optaram pelos Reassentamentos Rurais Coletivos receberam orientações técnicas durante cinco anos, a partir da instalação nos novos lotes.**

ral dos beneficiários. Para isso, era preciso garantir-lhes condições de reorganização e de melhoria da qualidade de vida, preservando suas características culturais originais. Assim, foram previstas ações de fomento à produção agropecuária e assistência técnica, agrícola e social.

A atividade de assistência técnica, agrícola e social foi iniciada no ano 2000, sob a responsabilidade do Movimento dos Atingidos por Barragens (MAB). Em vistoria realizada em março de 2003, o IBAMA verificou que os reassentamentos rurais Barracão I, II e III, embora já implantados, não vinham recebendo a devida assistência e o apoio técnico contratado pela MAESA com o MAB. Esse fato obrigou o empreendedor a traçar novos procedimentos de contratação, realizando concorrência para definir outra empresa para dar continuidade ao serviço.

Como resultado desse evento, a MAESA ultimou a contratação da empresa LRP Apoio Técnico Ltda, a partir de julho de 2003, que passou a prestar a assistência técnica agrícola e social para 213 famílias instaladas nos RRCs de Barracão I, II e III, Barracão Belo/Betiollo, Curitibaanos, Campos Novos, Campos Novos – Menegatti, e os Pequenos RRCs Capinzal, Zortéa e Erechim.

Não fazem parte desse universo os reassentamentos denominados de RRCD – Reassentamentos Rurais Coletivos Diferenciados, que abrangem 33 famílias (seis em Campos Novos e 27 em Machadinho), que quando necessitam, procuram esse atendimento técnico junto às Cooperativas como a Camol, no Rio Grande do Sul e Copercampos ou Cocam, em Santa Catarina, ou ainda junto às empresas agropecuárias que comercializam sementes e insumos.

A tabela 6.15 apresenta o número de famílias atendidas nas várias localidades e a evolução desse subprograma, que deverá ser concluído em meados de 2008.

Tabela 6.15

### Famílias assistidas por reassentamentos

Reassentamento		Famílias	Atividades	
			Início	Final
Grupo 1	Barracão I	29	Mar/2000	Jun/2005*
	Barracão II	20	Jul/2003	Jun/2008
	Barracão III	59	Jul/2003	Jun/2008
	Barracão Belo / Betiollo	5	Jul/2003	Jun/2008
Grupo 2	Curitibaanos	33	Jul/2003	Jun/2008
	Campos Novos	29	Mar/2000	Jun/2005*
	Campos Novos – Menegatti	13	Jul/2003	Jun/2008
Grupo 3	Capinzal	10	Jul/2003	Jun/2008
	Erechim	8	Jul/2003	Jun/2008
	Zortéa	7	Jul/2003	Jun/2008
<b>Total</b>		<b>213</b>		

(\*) Reassentamentos onde as atividades de assistência técnica, agrícola e social já foram encerradas

### 6.1.6.2 Diagnóstico social e agropecuário

A empresa LRP Apoio Técnico Ltda. desenvolveu um diagnóstico da situação social das famílias e de exploração agrícola da propriedade, a fim de avaliar o estágio em que se encontrava sua atividade e também a qualidade de vida na nova localidade. Esse levantamento teve por objetivo fornecer subsídios ao estabelecimento de estratégias para o programa de assistência técnica, agrícola e social nas áreas ocupadas pelos Reassentamentos Rurais Coletivos (RRC).

Para o desenvolvimento desse trabalho foram realizadas pesquisas de campo durante os meses de julho e agosto de 2003, tendo sido visitadas 203 famílias, que representavam 95,3% das famílias reassentadas. Nesse levantamento foram verificados os aspectos sociais e agropecuários relatados a seguir.

#### 6.1.6.2.1 Aspectos sociais

- ♦ **População:** houve uma variação populacional nos reassentamentos – de 746 pessoas constantes na composição familiar original para 800 pessoas na data do diagnóstico.
- ♦ **Educação:** todos os reassentamentos têm acesso aos ensinos fundamental e médio, por meio de escolas municipais. O índice de analfabetismo identificado ficou em 7,12% e a maior faixa de escolaridade observada é a quinta série do ensino fundamental, composta por 52,12% dos pesquisados.
- ♦ **Saúde:** há disponibilidade de atendimento pelo SUS (Sistema Único de Saúde) em todos os municípios. No município de Barracão, ao qual a MAESA doou uma unidade de saúde móvel, verificou-se que o veículo não estava sendo utilizado para atendimento dos reassentados. Cerca de 80% dos entrevistados consideraram como bom o atendimento dispensado pelos municípios.
- ♦ **Lazer/Integração:** as famílias têm acesso a atividades de lazer, dentro dos reassentamentos, de acordo com os valores e cultura trazidos das localidades anteriores, estando em processo de integração com as comunidades vizinhas.

#### 6.1.6.2.2 Aspectos agropecuários

- ♦ **Uso do solo:** observou-se que a média de área utilizada para o plantio de lavouras anuais ficou em torno de 10,93 ha por propriedade, enquanto a área destinada à pastagem atingiu média de 2,09 ha por propriedade.
- ♦ **Principais culturas anuais:** verificou-se que as culturas anuais plantadas são as listadas a seguir.
  - Milho (53,97%), com produtividade média de 78,77 sacas/ha.
  - Soja (23,32%), com produtividade média de 41,21 sacas/ha.
  - Feijão (12,53%), com produtividade média de 23,62 sacas/ha.

- Trigo (9,58%), não sendo informada a produtividade por ainda não terem sido colhidas as lavouras.
- Fumo (0,6%), não sendo obtida a produtividade pela irrelevância da área plantada.
- ♦ **Adubação:** a adubação utilizada é química na média de 150 kg/ha, pouco abaixo da média recomendada como adubação de reposição para média tecnologia. A correção do solo foi efetuada na época da implantação dos reassentamentos.
- ♦ **Uso de defensivos e insumos:** foram identificadas dificuldades no manuseio desses produtos ou na deposição das embalagens descartadas em local apropriado por parte de alguns usuários.
- ♦ **Fruticultura e horticultura:** os recursos repassados pela MAESA para a formação dos pomares e das hortas foram utilizados pelos reassentados. No entanto, verificou-se falta de manejo e cuidados com as mudas, havendo perda de mais de 50% das plantadas. As hortas familiares estavam sendo utilizadas somente para a subsistência das famílias.
- ♦ **Pecuária de leite e corte:** a produção de leite é desenvolvida em muitas propriedades, havendo exploração comercial em pequena escala, variando muito em cada reassentamento. Geralmente, o manejo empregado é o tradicional. A produção de gado de corte também foi constatada em várias propriedades, raramente sendo efetivadas transações comerciais — o abate é feito para consumo e distribuição entre os familiares.
- ♦ **Administração da propriedade:** observou-se que existem dificuldades no controle da produtividade e dos custos de produção, provavelmente devido à baixa escolaridade ou inexperiência na atividade agrícola.

### 6.1.6.3 Ações desenvolvidas

Com base na avaliação obtida no diagnóstico dirigido às famílias reassentadas, foram desenvolvidas diversas atividades, visando atender os objetivos propostos pelo subprograma, das quais destacam-se:

- ♦ Atendimento domiciliar e encaminhamentos de casos relacionados a problemas familiares, alcoolismo, doenças e outros problemas sociais.
- ♦ Palestras com técnicos das áreas de saúde e educação, bem como de profissionais de EMATER (Associação Rio Grandense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural) e EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina).
- ♦ Cursos de aperfeiçoamento técnico e de produções artesanais (SENAR).
- ♦ Elaboração de informativos técnicos sobre as principais culturas anuais.
- ♦ Facilitação de atendimentos aos reassentados pelas entidades de classe, instituições financeiras e órgãos públicos.
- ♦ Orientações e recomendações técnicas agropecuárias adequadas.

**Para a obtenção de boa produtividade nas áreas repassadas aos reassentados, procurou-se conscientizar os beneficiários, através da assistência técnica, sobre a necessidade do emprego de novos conhecimentos.**

Para a obtenção de boa produtividade nas áreas repassadas aos reassentados, procurou-se conscientizar os beneficiários, através da assistência técnica, sobre a necessidade do emprego de novos conhecimentos. Entretanto, a somatória de alguns problemas decorrentes da herança cultural, da descapitalização por problemas climáticos e do baixo índice de escolaridade, criava barreiras difíceis de transpor para algumas famílias – somente com o tempo essas barreiras poderiam ser totalmente superadas.

Por meio da assistência técnica e agrícola, a MAESA e, atualmente, o Consórcio Machadinho, tem promovido orientação aos beneficiários das terras quanto ao uso adequado de defensivos e insumos agrícolas, adquiridos de cooperativas ou casas agropecuárias, assim como para os procedimentos adequados de descarte.

Nas propriedades onde não há diversificação de produção, a mão-de-obra familiar ainda é subutilizada, pois são contratadas as atividades de plantio e tratos. Algumas famílias formaram grupos para aquisição de máquinas e implementos agrícolas, mas normalmente uma pessoa do grupo é responsável pela operação do equipamento. Para melhor ocupar a mão-de-obra e aumentar a renda das famílias, foram incentivadas a produção de leite e outras atividades, além de cursos de aperfeiçoamento e orientação a financiamentos, como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF).

Com base no treinamento que a MAESA propiciou aos beneficiários das terras, pode-se observar significativos avanços na apropriação e administração das áreas agrícolas. Devido à baixa escolaridade ou inexperiência na atividade agrícola, de uma forma geral entre as famílias reassentadas, ainda existem, contudo, dificuldades no controle da produtividade e dos custos de produção.

A experiência desenvolvida pela MAESA junto aos beneficiários, mediante ações dirigidas de orientação e assistência social, tem trazido resultados positivos. Porém, ainda existem casos de reassentados que não conseguem trabalhar em condições de associativismo e cooperativismo e não se motivam a participar de palestras sobre convivência, sociabilidade, educação, hábitos saudáveis de proteção à saúde, cultura e lazer, entre outros temas.

Os casos de conflitos familiares identificados, decorrentes de problemas de alcoolismo e depressão, por exemplo, receberam pronto atendimento das equipes da MAESA. Essas pessoas foram encaminhadas aos órgãos públicos municipais assistenciais, para solução de cada caso.

#### **6.1.6.4 Resultados observados**

De uma forma geral, após o reassentamento, todas as famílias encontram-se em situação socioeconômica mais favorável, residindo em condições de melhor habitabilidade e conforto, quando comparadas à situação de origem. Vale ressaltar que a assistência social tem proporcionado um significativo suporte às famílias, visando sua emancipação.

Na fase inicial dos reassentamentos, algumas famílias reassentadas, até mesmo



quando instaladas em seus próprios municípios de origem, passaram por um período de discriminação e de preconceitos por parte da sociedade, sendo identificadas como “sem-terra”. Nessa época, tiveram dificuldades na obtenção de crédito e de inserção social. Passado algum tempo, essa condição foi totalmente superada, com a integração social e política dessas famílias.

Foram observadas famílias bem estruturadas tanto econômica quanto socialmente, inclusive tendo participações importantes dentro da política dos municípios e liderança nos sindicatos rurais, em uma clara mudança de status social.

Por outro lado, persiste o arrendamento em algumas das áreas agrícolas de reassentados, em razão de uma descapitalização pela safra frustrada, ocasionada pelas condições climáticas adversas. A motivação, por vezes, vem do incentivo de vizinhos ou, ainda, pelo avançar da idade dos chefes de família, que perdem parte da força de trabalho e não têm condição física de manter a antiga atividade rural.

Várias famílias mostram-se conscientes da necessidade de gerenciarem a propriedade com recursos a serem pagos posteriormente, desde o advento da facilitação e apoio da assistência técnica para obtenção de crédito através do PRONAF. Essas facilidades, às quais acompanham os compromissos e responsabilidades de pagamento, têm proporcionado uma melhor tecnificação de várias propriedades, sinalizando uma independência econômica em médio prazo.

Os incentivos para a produção de leite, por exemplo, e os resultados obtidos nos últimos anos estão apresentando reflexos altamente positivos. Assim, as famílias que estão desenvolvendo essa atividade servem de exemplo para as demais.

A experiência observada na assistência técnica e social às famílias beneficiadas nos reassentamentos rurais coletivos mostrou que a melhoria de sua qualidade de vida deverá ser baseada na diversificação da produção. Somente o plantio de cereais, em monoculturas, não oferece melhoria da renda familiar, deixando a família vulnerável a uma eventual frustração de safra. A compreensão e prática dessa condição poderão facilitar mais rapidamente a emancipação dessas famílias, conforme determinado nos objetivos desse subprograma.

## **6.1.7 Anomalias ocorridas no Programa 1 – Remanejamento da População Abrangida**

### **6.1.7.1 Antecedentes**

Na finalização das obras da UHE Machadinho, em julho de 2001, com a previsão de visita do então Presidente da República à Usina, o MAB – Movimento dos Atingidos por Barragens – promoveu uma invasão à Usina para exigir benefícios para 356 famílias não-abrangidas pelo reservatório.

Como consequência da invasão, a MAESA e o MAB se reuniram em 25 de julho de 2001, quando foram negociadas diretrizes para tentar viabilizar alguma forma de

auxílio às 356 famílias não-abrangidas e estabelecer condicionantes para que a MAESA pudesse viabilizar os termos do documento assinado pelas partes.

No dia 26 de julho de 2001, um dia após a assinatura do documento de acordo, o MAB enviou carta à MAESA dando novo entendimento a uma das condicionantes considerada inegociável pela MAESA, que especificamente citava: “Os entendimentos aqui ajustados perdem a validade na hipótese de ameaça, turbacão e/ou esbulho em qualquer local que afete direta ou indiretamente o empreendimento da UHE Machadinho, o que abrange as áreas de canteiro de obra, reservatório e de reassentamento, que ocorrerem a partir da data de hoje, e, independentemente do motivo, desobriga a MAESA dos pontos aqui tratados.” Tendo em vista aquela correspondência do MAB, a MAESA entendeu que era um rompimento unilateral por parte do movimento social e, portanto, não existia mais acordo.

Na ocasião da visita do Presidente da República à Usina, em outubro de 2001, visando evitar nova invasão e conflito, a MAESA negociou com o MAB, em reunião realizada em 18 de outubro de 2001, os termos da Ata de reunião MAESA/MAB de 25 de julho de 2001, ainda que a MAESA não reconhecesse direito das famílias reclamantes.

A partir dessa reunião de outubro de 2001, em 25/2/2002 foi assinado com os movimentos sociais o acordo<sup>4</sup> que definia o número final de 320 famílias e previa a disponibilização de cerca de R\$ 67 mil por família, totalizando aproximadamente R\$ 21,5 milhões, a serem repassados no período de 5/3 a 31/12/2003, à medida que aconteciam a aquisição dos imóveis para os assentamentos e a aquisição dos materiais para as obras. As propriedades para os assentamentos foram escolhidas pelo Movimento Social (MAB, ACONTE etc.) e pagas pela MAESA, que procedeu a levantamento rigoroso da documentação dos imóveis que foram adquiridos antes de efetuar qualquer pagamento.

A ACONTE ficou responsável pela aplicação dos recursos e gestão das obras dos assentamentos, além de garantir a construção das casas num padrão mínimo acertado no acordo, em regime de mutirão. O processo de instalação dessas famílias iniciado pelo MAB e pela Aconte teve outros quatro Termos Aditivos, os dois primeiros assinados em 2003 conforme mostrados a seguir:

♦ Termo Aditivo nº 1 (7/3/2003): exclusão de cinco famílias da listagem inicial por não terem atendido às condições do acordo, o que resultou em 315 famílias.

♦ Termo Aditivo nº 2 (14/3/2003): repasse do imóvel de Lagoa Vermelha (adquirido pela MAESA, em valores subtraídos do montante destinado no acordo) para o assentamento de 82 famílias que ainda não estavam instaladas.

<sup>4</sup> Acordo - Termo de Compromisso para Repasse de Recursos para Viabilização do Atendimento às Famílias indicadas pelo Movimento dos Atingidos por Barragens – MAB, Associação Conquista da Terra – ACONTE, beneficiários do Acordo e Machadinho Energética S/A - MAESA.

Tendo em vista o reduzido ritmo das obras nos assentamentos e a não-prestação de contas dos recursos disponibilizados, os repasses dos recursos remanescentes foram suspensos pela MAESA.

Em agosto de 2005, com a interveniência anuência do Ministério Público Federal de Lages e de Passo Fundo e do IBAMA, a MAESA se dispôs a buscar uma solução conjunta para o problema, que resultou no Termo Aditivo Nº 3, sem onerar as bases iniciais do acordo assinado em fevereiro de 2002.

Das 320 famílias da listagem original, cinco haviam se auto-excluído. Além delas outras 30 famílias se recusavam a morar nos assentamentos existentes, preferindo instalar-se no município de Machadinho. Diante de tal situação, para dar por encerrado o processo e, nas palavras do Procurador da República de Lages, “pacificar o campo”, a MAESA concordou em assinar o Termo Aditivo Nº 3, visando atender as 285 famílias restantes e definir a situação das famílias de Machadinho.

♦ *Termo Aditivo nº 3 (29/8/2005)*: cabe registrar que esse Termo Aditivo teve a interveniência anuência do Ministério Público Federal, IBAMA, LRP Apoio Técnico Ltda., Luiz Carlos Pagliosa, a família de Pedro Aguiar Lovato e do município de Machadinho. Seu conteúdo compreendeu:

- Alienação de 30 lotes de famílias auto-excluídas do acordo (sendo 15 localizados em Santa Catarina e 15 localizados no Rio Grande do Sul). Os lotes do Rio Grande do Sul seriam vendidos diretamente pelas associações dos assentados, que prestariam contas desses recursos à MAESA, para posterior utilização pela empresa gerenciadora das obras.

- Utilização dos recursos oriundos da venda dos lotes exclusivamente para conclusão dos assentamentos das 285 famílias restantes, a partir de cadastro das famílias já residentes nos assentamentos ou que respondessem a um edital (janeiro de 2006).

- Repasse de recursos remanescentes ainda em poder da MAESA.

- Condição de repasse dos recursos pela MAESA apenas após o gasto efetivo do montante resultante da venda dos 30 lotes.

- Administração dos recursos e gerenciamento das obras sob a responsabilidade da LRP Apoio Técnico Ltda. e de Luiz Carlos Pagliosa e não mais pelo MAB e ACONTE.

- Conclusão dos assentamentos até 30 de setembro de 2006.

Com o atraso na venda dos lotes dos assentamentos do Rio Grande do Sul, os recursos não foram disponibilizados até a data limite prevista no Termo Aditivo nº 3, o que levou a MAESA a, novamente, em claro sinal de liberalidade, assinar o Termo Aditivo nº 4, estendendo o prazo de conclusão das obras para 30/1/2007.

♦ Termo Aditivo nº 4 (2/10/2006): dispôs sobre: a finalização dos Assentamentos localizados no estado de Santa Catarina; a postergação de 30 de setembro de 2006 para 30 de janeiro de 2007 para disponibilização pela MAESA do saldo remanescente dos recursos para os assentamentos localizados no Rio Grande do Sul. Este Termo Aditivo teve a interveniência anuência do Ministério Público Federal, IBAMA, LRP Apoio Técnico Ltda. e Luiz Carlos Pagliosa.

### 6.1.7.2 Conclusão

Como resultado das ações gerenciadas pela empresa contratada pela MAESA, em final de janeiro de 2007 foram concluídas as obras das casas nos assentamentos localizados nos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul. Adicionalmente, foram realizadas pinturas nas casas, instalação de sistema de abastecimento de água para o conjunto dos lotes dos assentamentos e melhoria das estradas internas aos assentamentos, com o cascalhamento das vias de acesso.

Isso foi feito com os recursos retidos pela MAESA e administrados com qualidade e eficiência pela empresa LRP Apoio Técnico Ltda.

## 6.2 Recomposição físico-territorial da área abrangida

O objetivo do Programa de Recomposição Físico-Territorial da Área Abrangida era recompor o território e promover melhorias nos sistemas viários, de eletrificação, telefonia e abastecimento de água. Além disso, pretendia relocar e readequar todos os núcleos rurais e equipamentos isolados abrangidos, que mantiveram suas funções preservadas, reestruturar a região afetada e favorecer a manutenção das relações comunitárias e de vizinhança.

De acordo com o conceito adotado nas ações desenvolvidas ao longo desse programa, a recomposição da paisagem visou não apenas refazer o existente, mas também restabelecer o equilíbrio regional, atendendo à nova realidade.

A Usina Hidrelétrica Machadinho localiza-se no rio Pelotas, a montante da foz do rio Apuaê (também conhecido como Ligeiro), na divisa entre os municípios de Piratuba, em Santa Catarina, e Maximiliano de Almeida, no Rio Grande do Sul. O seu reservatório abrange o alagamento de áreas marginais dos rios Pelotas, Canoas, Inhandava (Forquilha) e de seus afluentes, em cerca de 5.670 ha.

A área sob influência direta do reservatório de Machadinho abrange o território de dez municípios, seis localizados em Santa Catarina – Piratuba, Capinzal, Campos Novos, Zortéa, Celso Ramos e Anita Garibaldi – e quatro localizados no Rio Grande do Sul – Machadinho, Maximiliano de Almeida, Barracão e Pinhal da Serra.

A participação territorial de cada um dos municípios abrangidos pela UHE Machadinho pode ser verificada na tabela 6.16 relativa à área abrangida pela cota de inundação, 485,36 m. Essa distribuição determina o cálculo que será feito, posteriormente

**A participação territorial de cada um dos municípios abrangidos pela UHE Machadinho determina o cálculo para o repasse de recursos aos municípios, em decorrência da compensação financeira pelas áreas alagadas.**

à implantação da Usina, para o repasse de recursos aos municípios, em decorrência da compensação financeira pelas áreas alagadas – COFURH – Compensação Financeira pelo Uso dos Recursos Hídricos<sup>5</sup>.

A área dos municípios abrangida pela UHE Machado corresponde à área do reservatório (79 km<sup>2</sup>, na cota 480 m), acrescida das áreas do canteiro de obras e da faixa ciliar, totalizando 89,32 km<sup>2</sup>.

Figura 6.1

### Localização dos municípios abrangidos



<sup>5</sup> No apêndice constam informações sobre a COFURH.

Tabela 6.16

**Participação dos municípios abrangidos pela UHE Machadinho**

N.º	Municípios	Área territorial dos municípios			Área inundada pela UHE (%)
		Área (km <sup>2</sup> )		Participação relativa de cada município na UHE Machadinho (%)	
		Total	Inundada		
1	Anita Garibaldi (SC)	589	0,94	0,16	1,0479
2	Barracão (RS)	516	11,09	2,15	12,4173
3	Campos Novos (SC)	1.660	2,83	0,17	3,1699
4	Capinzal (SC)	334	6,96	2,08	7,7960
5	Celso Ramos (SC)	207	7,94	3,84	8,8939
6	Pinhal da Serra (RS)	434	1,48	0,34	1,6550
7	Machadinho (RS)	334	26,47	7,93	29,6327
8	Maximiliano de Almeida (RS)	209	8,34	3,99	9,3358
9	Piratuba (SC)	146	12,24	8,38	13,7011
10	Zortéa (SC)	190	11,03	5,81	12,3504
	<b>Total</b>	<b>4.619</b>	<b>89,32</b>	<b>1,93</b>	<b>100,0000</b>

Dos dez municípios abrangidos pela UHE Machadinho, apenas dois deles cederam cerca de 8% de suas terras para a implantação do reservatório, o que significa que, num trecho de 65 km em que se estende o reservatório, a maioria dos municípios cedeu pequena dimensão de suas áreas para o empreendimento, denotando uma região topograficamente acidentada.

Historicamente, a região foi ocupada por meio de loteamentos rurais que atraíram as novas gerações de agricultores, principalmente de origens italiana, alemã e polonesa, procedentes das chamadas Colônias Velhas do Rio Grande do Sul, no princípio do século XX.

O trecho abrangido pelo reservatório da UHE Machadinho, situado num vale encaixado do rio Pelotas, com encostas íngremes, não permitiu ocupação contínua. As características físicas da região induziram a uma ocupação rarefeita, restrita às áreas mais planas, junto à desembocadura de lajeados, arroios e rios. Esse tipo de implantação pontual fez com que a infra-estrutura se limitasse aos acessos às propriedades a partir do altiplano, não favorecendo ligações paralelas ao rio. Assim, não havia infra-estrutura significativa e o isolamento de alguns núcleos ou linhas restringia o uso de energia elétrica em muitas propriedades.

Com base no diagnóstico empreendido na fase anterior à implantação, as ações desenvolvidas nesse programa foram subdivididas em dois grandes grupos: a recomposição e relocação das localidades rurais e dos equipamentos isolados (escolas, cemitérios, capitéis e campos de futebol, entre outros) e a recomposição e melhoria dos sistemas de infra-estrutura. Em todas essas iniciativas buscava-se a reestruturação das relações sociais, visando a melhoria na qualidade de vida das populações.

O empreendimento abrangeu propriedades da população que residia nas mar-

gens de afluentes a montante da obra da UHE Machadinho, criando, em muitos casos, a necessidade de relocação dessa população. O diálogo permanente e a troca de informações entre o empreendedor e as famílias atingidas foram essenciais para consolidar uma relação de confiança entre as partes. Era preciso dialogar tanto com aqueles que estavam se mudando da região, quanto com os que lá permaneceriam, no caso os remanescentes.

### **6.2.1. Localidades rurais e equipamentos isolados**

Com a implantação do empreendimento, três localidades rurais em Santa Catarina e duas no Rio Grande do Sul sofreram impacto direto, parcial ou total, que foi minimizado por acordos e decisões conjuntas entre a população e a empresa.

Conforme estabelecido no PBA, deveriam ser relocados todas as localidades ou linhas rurais e equipamentos isolados atingidos pelo empreendimento que mantivessem suas funções, para permitir a manutenção das relações comunitárias e de vizinhança.

Durante os levantamentos realizados em 1996 foram identificados três localidades rurais que seriam totalmente atingidas em Santa Catarina, localizadas no município de Piratuba: Linha São Paulo, Linha Navegantes e Linha Concórdia. No Rio Grande do Sul, uma localidade rural seria atingida parcialmente, além de um equipamento isolado, localizado no município de Maximiliano de Almeida, Rio Grande do Sul.

As comunidades organizam-se em linhas ou núcleos, de acordo com sua origem e formas de ocupação históricas. As linhas correspondem a um conjunto de casas que foram sendo construídas ao longo de uma estrada ou picada que foi sendo aberta à medida que as terras iam sendo exploradas. Muitas delas datam da fundação dos municípios ou são anteriores a eles.

Os núcleos correspondem à aglomeração de casas no interior de um município, construídas ao redor de uma igreja ou de um ponto de comércio. Os núcleos servem de referência para as famílias das áreas adjacentes. Normalmente são compostos por uma ou mais igrejas, casa de comércio, posto de saúde, escola e cemitério.

#### **6.2.1.1 Localidades rurais totalmente abrangidas**

- ♦ **Linha São Paulo:** a Linha São Paulo manteve as suas funções e foi relocada inteiramente. A recomposição de toda a infra-estrutura e a entrega das benfeitorias ocorreu em outubro de 1999.
- ♦ **Linha Navegantes e Linha Concórdia:** todas as famílias e equipamentos pertencentes a essa ocupação foram indenizados.

### 6.2.1.2 Localidades rurais parcialmente abrangidas

A Linha São Francisco, localizada no município de Maximiliano de Almeida, teve parte das propriedades abrangidas pelo canteiro de obras, tornando-se necessário o remanejamento dessas famílias. A população que residia nas áreas contíguas àquelas destinadas ao canteiro de obras foram indenizadas.

A escola foi transferida para a Linha Santo Antônio, o posto de saúde foi desativado e os demais equipamentos, como o salão comunitário, campo de futebol, a igreja e a casa de comércio foram indenizados.

Durante o processo de negociação, algumas propriedades apresentavam pendências judiciais e não puderam ser adquiridas. Para evitar o isolamento dos habitantes desses imóveis, a MAESA promoveu a reestruturação fundiária das propriedades rurais, além de facilitar o reassentamento nessa localidade de algumas famílias beneficiadas com cartas de crédito.

Na tabela 6.17 estão demonstradas as ações realizadas pelo programa de relocação das localidades rurais.

Tabela 6.17

#### Desenvolvimento do programa de relocação de localidades rurais

Localidade rural	Atividade desenvolvida	Data de conclusão
Linha São Paulo	Nova sede concluída e entregue à comunidade beneficiária.	10/1999
	Ampliação do Centro Comunitário.	4/2001
Linha Concórdia	Propriedades e benfeitorias indenizadas e linhas de energia removidas.	11/1999
Linha Navegantes	O cemitério de Linha Navegantes foi removido, parte para Linha São Paulo e parte para Linha Zona Alta. O convênio para a relocação do cemitério contemplou a mão-de-obra, materiais e recursos para ampliação do cemitério do núcleo do Cerro da Rapadura, que abrigou os jazigos trasladados do cemitério da Linha São Francisco.	
Linha São Francisco	Indenização de propriedades e famílias remanejadas, indenização da igreja e relocação do cemitério. Escola indenizada e firmados os convênios de auxílio ao transporte escolar.	3/2001

### 6.2.1.3 Equipamentos isolados

Em 1999 foi indenizada a prefeitura municipal de Maximiliano de Almeida, pelo fechamento da escola localizada na Linha São Sebastião, cuja estrutura, também utilizada para as atividades de lazer, foi totalmente abrangida.

### 6.2.1.4 Comunidades lindeiras

Após a conclusão dos procedimentos relacionados à relocação da população abrangida pela UHE Machadinho, o empreendedor fez um levantamento expedi-



**Durante a implantação da UHE Machadinho, as comunidades lindeiras receberam, por um período de um ano, auxílio à safra, recurso financeiro para correção do solo com a aplicação de calcário, fornecimento de sementes selecionadas e adubo.**

to de campo, visando identificar o resultado da aplicação de recursos na assistência técnica oferecida às famílias dos núcleos rurais próximos ao reservatório, porém não afetados. Com essa iniciativa, buscava-se estabelecer um quadro posterior à implantação do reservatório, considerando que alguns dos municípios que tiveram pequena parte de seus territórios abrangidos pela UHE Machadinho também estariam sob a área de influência de outros aproveitamentos hidrelétricos – casos da UHE Barra Grande e da UHE Campos Novos.

Os levantamentos de campo foram feitos em julho de 2001 e em abril de 2004, quando se observou que alguns desses núcleos já apresentavam perda de população motivada pelo êxodo rural, oportunidades de venda de propriedades, desejo de mudança para outros municípios, dentre outros fatores.

Durante a implantação da UHE Machadinho, as comunidades lindeiras receberam por um período de um ano, auxílio à safra, recurso financeiro para correção do solo com a aplicação de calcário, fornecimento de sementes selecionadas e adubo. Para o apoio na manutenção das famílias foi ofertada uma novilha, além da assistência técnica visando a melhoria da atividade rural, gerenciamento da propriedade e geração de renda. Essas atividades foram administradas pelos movimentos sociais, por meio de suas representações e entidades<sup>6</sup>, com recursos fornecidos pela MAESA.

#### **6.2.1.5. Infra-estrutura viária e de serviços**

Em função da conformação da bacia em que o reservatório da UHE Machadinho está inserido, foram poucas as suas interferências na infra-estrutura viária e de serviços, limitando-se a trechos de estradas de acesso a propriedades rurais e à necessidade de relocação das linhas elétricas de distribuição, de baixa tensão.

Os convênios firmados, entre MAESA e prefeituras municipais para melhorias e manutenção de estradas vicinais foram finalizados em julho de 2001. Com relação à recomposição da infra-estrutura, foram executadas as seguintes obras:

- ♦ Abertura e melhorias de estradas e acessos.
- ♦ Implantação de novos portos para as balsas.
- ♦ Remoção e relocação de redes elétricas.
- ♦ Abertura de novos poços artesianos.
- ♦ Implantação de rede de água.
- ♦ Relocação da Usina Hidrelétrica Herval e da fábrica de pasta mecânica, pertencentes à Hachmann Indústria e Comércio Ltda.
- ♦ Reestruturação do município de Machadinho.

<sup>6</sup> Foram lavrados termos de acordo com as entidades ADAI – Associação de Desenvolvimento Agrícola, em fevereiro de 1999 para assistência técnica agrícola às famílias reassentadas nos municípios de Barracão e Catuípe (RS), e APROVI – Associação de Proteção à Vida, em abril de 2002, para implementar o Plano de Desenvolvimento das Comunidades Lindeiras da UHE Machadinho.

Apresentam-se na tabela 6.18 os serviços de infra-estrutura executados na área de influência da UHE Machadinho.

Tabela 6.18

### Execução dos serviços de infra-estrutura

Descrição dos serviços	Quantidade e extensão
Remoção e relocação de redes elétricas e de comunicações	69,55 km
Novas redes elétricas	23,91 km
Melhorias de estradas	184,97 km
Estradas novas	4,59 km
Rede de água	26,77 km
Perfuração de poços artesianos	5

#### 6.2.1.6 Termo de cooperação mútua

As melhorias no sistema viário de diversos municípios foram realizadas mediante a assinatura de termos de cooperação mútua para conservação e melhoria de estradas com prefeituras, órgãos públicos e autarquias, que vigoraram até 2001, visando a manutenção das condições de trafegabilidade dos acessos durante as obras. Posteriormente foram firmados convênios com os municípios de Machadinho e Maximiliano de Almeida, para a contratação de empreiteiras encarregadas da recomposição e melhoria das estradas.

O município de Paim Filho (RS), em razão de ter acolhido um auto-reassentamento de famílias, recebeu auxílio para a aquisição de um trator de esteira e recursos para a perfuração e distribuição de água para a comunidade de Linha São Paulo.

#### 6.2.1.7 Acesso sobre a barragem

Em 9 de abril de 2003 foi expedido pelo 13º Distrito Operacional do Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem (DAER) o laudo técnico de aprovação dos serviços apresentados pelo Consórcio Machadinho nas estruturas da barragem da UHE Machadinho. Mediante essa aprovação, foi liberado, em 10 de abril de 2003, o tráfego sobre a barragem, o que estabeleceu mais um elo de interligação rodoviário dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

#### 6.2.1.8 Balsas e atracadouros

Estão em atividade três balsas, que foram readequadas e relocadas, assim como os respectivos atracadouros:

- ♦ Balsa Praia Bonita (Capinzal – Machadinho): é de propriedade da Prefeitura Municipal de Capinzal e foi adquirida com recursos da MAESA, conforme acordado com a prefeitura.
- ♦ Balsa Volta Grande (Zortéa – Machadinho): em operação por empresa privada desde 2001.

- ♦ Balsa Celso Ramos (Campos Novos – Celso Ramos): operada pela prefeitura desde 2001.

À época do enchimento do reservatório foram construídas casas de apoio para balseiros, para dar suporte às operações de travessia do reservatório. Hoje essas edificações foram desativadas.

### 6.2.1.9 Ponte pênsil

A antiga ponte pênsil que ligava os municípios de Campos Novos e Celso Ramos foi indenizada e removida. Em seu lugar, a MAESA construiu uma nova ponte pênsil, com tecnologia mais moderna e mais segura. As obras dessa ponte foram concluídas em novembro de 2001, liberando o tráfego.

### 6.2.1.10 Reestruturação da infra-estrutura de Machadinho (RS)

A fim de alavancar o crescimento e o desenvolvimento do município, a MAESA assinou, em 18 de agosto de 2000, o “Termo de Compromisso de Repasse de Recursos para Apoio ao Crescimento e Desenvolvimento do Município de Machadinho – RS”. A assinatura desse documento foi celebrada com as lideranças de Machadinho, representadas pela Comissão de Reestruturação do Município de Machadinho (CRMM).

De acordo com o Termo, os recursos foram destinados basicamente à construção do Parque Balneário – Thermas de Machadinho, inaugurado em 10 de abril de 2004. Esse Balneário possui cerca de 2.000 m<sup>2</sup> e conta com piscinas, duchas externas, amplos vestiários com duchas internas, piscina tropical com bar molhado, gêiser, piscina infantil com brinquedos aquáticos, rampa molhada e toboguinho. O parque é dotado de quiosque de alimentação, churrasqueiras com mesas e uma ampla área verde. A área de lazer possui ainda um lago com pedalinhos e quadras esportivas de grama e areia para futebol sete e vôlei.

## 6.3 Adequação da infra-estrutura de serviços e recomposição das áreas da obra

A implantação da Usina Hidrelétrica Machadinho gerou significativa oferta de oportunidades de trabalho e uma reativação da economia dos municípios da região, notadamente em Piratuba e Maximiliano de Almeida, que sediaram o canteiro de obras. Essas cidades tiveram, por exemplo, aumento de arrecadação de Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISSQN), entre outros aportes de recursos decorrentes do aumento da demanda de serviços. Em uma obra desse porte, mesmo com a diretriz da construtora de contratar o máximo de mão-de-obra local, houve a atração de colaboradores que se alojaram nos diversos municípios da região. Para responder à demanda adicional de serviços, foram feitas adequações dos sistemas de saúde, educação, lazer e segurança, em parceria com os órgãos públicos. Esse programa foi subdividido em três subprogramas: Apoio ao migrante, Adequação dos sistemas de saúde, educação, lazer

A implantação da Usina Hidrelétrica Machadinho gerou significativa oferta de oportunidades de trabalho e uma reativação da economia dos municípios da região, notadamente Piratuba e Maximiliano de Almeida.

e segurança e Controle da degradação e recomposição das áreas da obra.

### **6.3.1 Apoio ao migrante**

Esse subprograma foi iniciado em julho de 1998, com a implantação do Centro de Apoio ao Migrante (CAM), e concluído em dezembro de 2001, na finalização de todas as etapas construtivas do empreendimento. Foram desenvolvidas ações de apoio às necessidades da população com ou sem vínculo empregatício (atendimento médico e de saúde pública – como controle de doenças infecto-parasitárias –, documentação e assistência social) e ações para formação, treinamento e aperfeiçoamento da mão-de-obra.

Tais atividades, realizadas em parceria com a Prefeitura Municipal de Piratuba, o Sistema Nacional de Empregos (SINE) e o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), resultaram em mais de cinco mil admissões de trabalhadores durante a implantação do empreendimento. Grande parte desse contingente veio dos municípios mais próximos, tanto de Santa Catarina quanto do Rio Grande do Sul, e menos de 20% eram das regiões Sudeste, Centro-Oeste, Norte e Nordeste do país. O pico das obras ocorreu em outubro de 2000, com 2.567 empregados.

### **6.3.2 Adequação dos sistemas de saúde, educação, lazer e segurança**

Para garantir o mínimo impacto possível nos equipamentos públicos existentes nos municípios da área de influência da Usina Hidrelétrica Machadinho, gerado pelo aumento de demanda na utilização desses serviços, foi desenvolvido um subprograma de adequação dos sistemas públicos. Ainda que a maior parte da mão-de-obra utilizada na fase de implantação tenha se originado desses mesmos municípios, foram destinados recursos para ampliação e melhoria dos sistemas de saúde, educação, lazer e segurança, incluindo desde a doação de veículos, materiais e equipamentos até o patrocínio de eventos realizados pelas comunidades locais, além de convênios com várias prefeituras para repasses de recursos para melhoria dos equipamentos comunitários.

#### **6.3.2.1 Saúde**

Na área de saúde, destacaram-se os convênios firmados com as secretarias estaduais de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, assim como a reforma e a ampliação do Hospital Beneficente de Ipira (SC).

#### **6.3.2.2 Educação e lazer**

No setor educacional, foram realizadas ampliações de escolas municipais, construção de pré-escolas, doação de materiais e equipamentos, além da indenização de professores. Também foram destinados recursos para a readequação de centros esportivos comunitários e patrocínios para eventos da população local, tendo em vista a oferta de infra-estrutura de lazer para a comunidade.

**Na área de segurança, a MAESA contribuiu para a construção do quartel da Polícia Militar de Piratuba (SC) e do posto policial da PRF de Ibicaré (SC), além da doação de veículos, equipamentos e uniformes para o Corpo de Bombeiros e do estabelecimento de convênio com a Polícia Militar Ambiental dos dois estados.**

### **6.3.2.3 Segurança Pública**

Na área de segurança, contribuiu-se para a construção do quartel da Polícia Militar de Piratuba (SC) e do posto policial de Ibicaré (Polícia Rodoviária Estadual), além da doação de veículos, equipamentos e uniformes para o Corpo de Bombeiros e do estabelecimento de convênio com a Polícia Militar Ambiental dos dois estados.

### **6.3.3 Controle da degradação e recomposição das áreas da obra**

Este subprograma foi aplicado durante a desmobilização e a desocupação das áreas do canteiro de obras para a construção da UHE Machadinho.

As atividades foram executadas pela Camargo Corrêa Construções e Comércio, empresa líder do consórcio, que foi responsável pela construção da Usina. A implantação das ações foi possível a partir de projeto elaborado pela ABG Engenharia e Meio Ambiente, contratada pela MAESA para compor um Plano Diretor de Recuperação Ambiental das Áreas Degradadas do Canteiro de Obras da Usina Hidrelétrica Machadinho.

Foram realizados os serviços de limpeza, reafeiçoamento do terreno, preparo do solo, plantio e manutenção de espécies forrageiras (gramíneas e leguminosas) e árvores de espécies florestais nativas. Isso ocorreu na totalidade da área prevista no projeto de recuperação do canteiro de obras (82,19 ha). O plantio de espécies florestais, bem como a manutenção dessas espécies na área, totalizou 68.400 mudas florestais nativas.

A recuperação das áreas do canteiro industrial e do canteiro administrativo foi concluída em 2002. No ano seguinte finalizou-se a recuperação da área do restaurante e do alojamento. Os materiais resultantes da demolição das benfeitorias da antiga área do refeitório da obra foram doados à prefeitura de Piratuba para reutilização no município. Em 2004, recuperou-se a área da casa de visita e da torre de comunicação.

Abaixo, apresentam-se as ações desenvolvidas de acordo com o Plano Diretor de Recuperação Ambiental da UHE Machadinho, algumas delas ilustradas na seqüência.

- ♦ Recondicionamento topográfico e suavização de taludes.
- ♦ Terraceamento.
- ♦ Sistemas de drenagem.
- ♦ Recomposição e proteção do solo: descompactação, correção da fertilidade, recuperação da matéria orgânica e recuperação da meso e microbiota.
- ♦ Recomposição da vegetação: escolha das espécies (herbáceas e arbustivas, arbóreas e matas ciliares), semeadura e plantio (hidrossemeadura, serrapilheira, semeadura a lanço e plantio em covas) e plantio de cortinas vegetais.
- ♦ Monitoramento das áreas.
- ♦ Instalação de áreas experimentais.

Figura 6.2

**Plantio de cortinas vegetais**

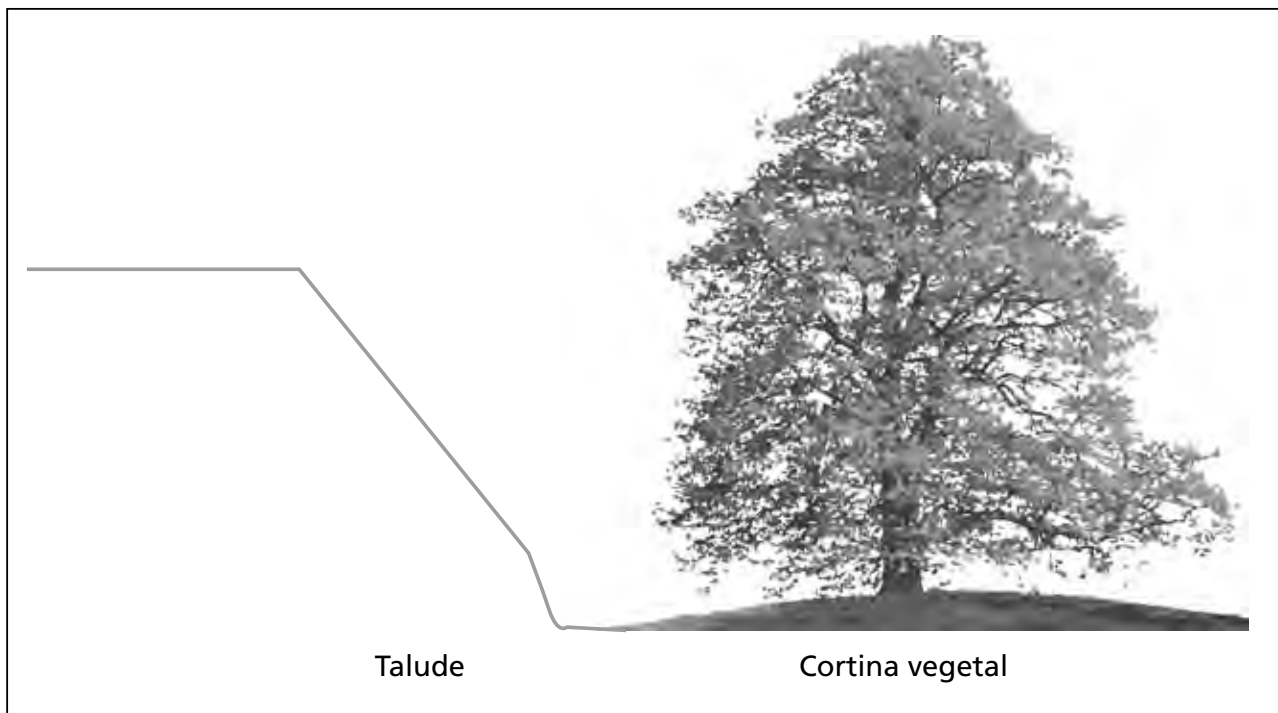


Figura 6.3

**Recuperação de pedreiras**

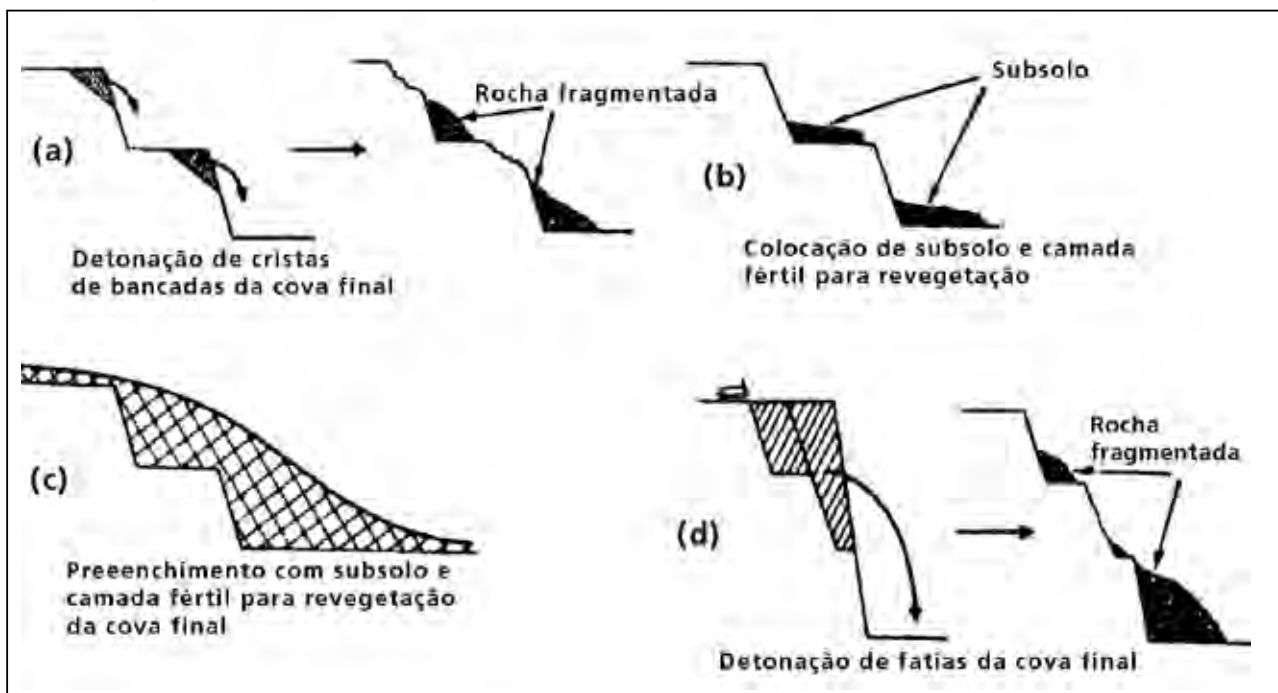
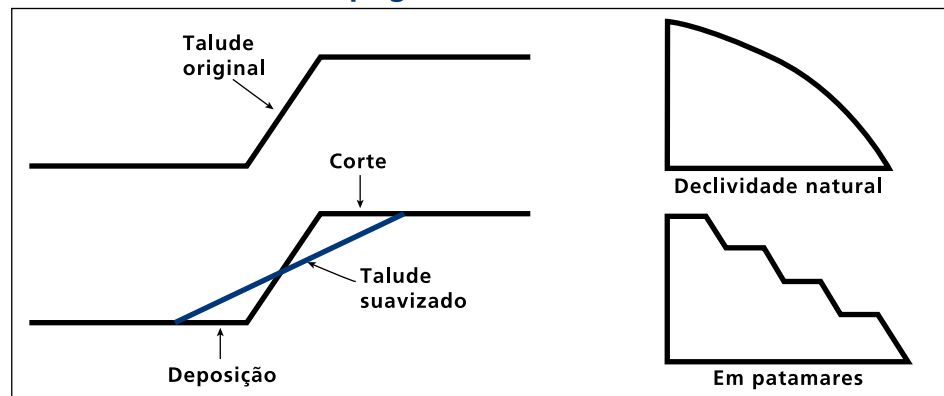


Figura 6.4

### Recondicionamento topográfico



## 6.4 Limpeza da bacia de acumulação

Um programa específico foi desenvolvido para diminuir a quantidade de fitomassa da área de alagamento, evitando o excesso de nutrientes decorrente da decomposição da vegetação submersa. Dessa forma, seria possível reduzir o processo de eutrofização das águas do reservatório a ser formado, assim como minimizar os efeitos negativos sobre a qualidade da água.

O desmatamento também possibilitou o aproveitamento, por parte dos produtores rurais, do potencial madeireiro da área de inundação e a atenuação dos efeitos do alagamento sobre a fauna terrestre. A retirada da vegetação visou ainda a prevenção de acidentes na futura utilização do reservatório por atividades pesqueiras ou de lazer, eliminando obstáculos ou restrições físicas, e contribuir para a melhoria do aspecto estético do lago, a fim de facilitar os usos múltiplos do reservatório.

As atividades desse programa estiveram a cargo da Camargo Corrêa Construções e Comércio S/A – empresa responsável pela construção da Usina, subcontratações e gerenciamento do desmatamento – e que também colaborou com o empreendedor na fiscalização e controle da obra.

Esse programa compreendeu dois subprogramas: o Desmatamento da bacia de acumulação e a Demolição, desinfecção e desinfestação.

### 6.4.1 Desmatamento da bacia de acumulação

Executado de acordo com o cronograma das obras de enchimento do reservatório, antecipando-se a elas, esse subprograma estava integrado aos programas de salvamento e monitoramento da flora e da fauna e de proteção do reservatório e dos taludes, além das ações de proteção dos patrimônios arqueológico histórico, cultural e paisagístico. As atividades foram consolidadas no Relatório Final – Programa de Limpeza da Bacia de Acumulação e Projeto de Desmatamento, editado em maio de 2001 e enviado ao IBAMA.

O planejamento e orientação da derrubada de cada lote, compatibilizando es-

O desmatamento da área do lago possibilitou o aproveitamento, por parte dos produtores rurais do potencial madeireiro da área de inundação e a atenuação dos efeitos do alagamento sobre a fauna terrestre.

se conjunto de programas, permitiu a manutenção de corredores de vegetação para migração e facilitação da captura de animais. Isso se deu em função do salvamento brando da fauna e da determinação antecipada das áreas de destino e da metodologia de manejo e relocação dos animais.

A prioridade foi o salvamento antecipado da flora, com o aproveitamento de sementes, mudas e estacas para os trabalhos de recomposição da faixa de proteção ciliar. O planejamento do desmatamento foi feito com base no inventário florestal e florístico e na estimativa de fitomassa. Ao todo, foram suprimidos cerca de 2.300 ha de áreas de vegetação e implantados mais de 1,1 milhão de mudas de espécies florestais nativas.

#### 6.4.1.1 Objetivos e critérios do desmatamento

De acordo com o PBA de 1997 e as licenças para supressão de vegetação emitidas pelo IBAMA<sup>7</sup>, o desmatamento da bacia de acumulação tinha por objetivo, dentre outros aspectos:

- ♦ Diminuir a quantidade de fitomassa da área de alagamento, evitando o excesso de nutrientes da decomposição da vegetação submersa. Assim, seria reduzido o processo de eutrofização das águas do reservatório a ser formado, minimizando os efeitos negativos sobre a qualidade da água.
- ♦ Possibilitar o aproveitamento do potencial madeireiro da área de inundação pelos produtores rurais.
- ♦ Atenuar os efeitos do alagamento sobre a fauna terrestre.
- ♦ Prevenir acidentes na utilização do reservatório por atividades de lazer ou pesqueiras, eliminando obstáculos ou restrições físicas.
- ♦ Contribuir para o aspecto estético do lago.
- ♦ Facilitar os usos múltiplos do reservatório.

A partir do volume de cerca de 3.000 ha de vegetação natural, estimado na área, foi feita uma modelagem matemática, alimentada por uma matriz de interação de variáveis e critérios orientadores, tais como:

- ♦ Acessibilidade dos veículos.
- ♦ Remanescentes florestais.
- ♦ Largura da faixa de alagamento.
- ♦ Altura da lâmina d'água.
- ♦ Usos múltiplos
- ♦ Declividade

<sup>7</sup> Autorização de Supressão nº 04 (19/3/1998); nº 01 (5/1/1999); nº 02 (11/1/1999); nº 16 (21/6/2001), documentos podem ser consultados, na íntegra, no site [www.maesa.com.br](http://www.maesa.com.br).



Como resultado dessa modelagem, foram identificadas as áreas recomendadas para o desmatamento, com o mapeamento dos lotes e das áreas não previstas inicialmente, mas incorporadas para a supressão. Além disso, foram levantadas as áreas não recomendadas para retirada, tendo em vista os problemas de segurança ou de maior declividade do terreno.

Conforme a metodologia prevista, não foi feito uso do fogo e, após o corte das árvores, procedeu-se à trituração da galhada e posterior enleiramento para transporte ao destino final.

#### 6.4.1.2 Resultados do desmatamento

O projeto de desmatamento da bacia de acumulação da UHE Machadinho foi considerado inovador em vários sentidos, por estabelecer metodologia para os serviços de supressão de vegetação, classificação, transporte, estocagem e destinação do material florestal obtido.

Algumas das dificuldades encontradas na seleção de áreas a serem suprimidas foram sanadas na prática pelas equipes de campo. Em consequência, os resultados finais alcançados revelaram que a metodologia utilizada foi satisfatória. Não foram executados cerca de 20% de um total de 2.964,01 ha de áreas projetadas para supressão, conforme tabela 6.19, em função de várias razões, entre as quais destacam-se:

- ♦ Não seriam desmatadas, dentro de cada lote, as áreas que representassem riscos à segurança do trabalho.
- ♦ Foram excluídas as faixas ciliares ou de sarandis, de difícil recolhimento de material em decorrência do risco de queda da vegetação, de trabalhadores ou de equipamentos na água. As faixas ciliares serviriam ainda para contenção de taludes durante o período entre a eliminação da cobertura vegetal do lote e o enchimento do lago.
- ♦ Foi excluída a vegetação localizada em áreas de maior declividade, situada nos talvegues mais inclinados, cobertos, em grande parte, por floresta densa, remanescente de antigas áreas de vegetação nativa.
- ♦ Foi mantida a vegetação em determinadas áreas do reservatório, pela importância para a fauna aquática, tendo em vista sua contribuição como abrigo, notadamente das formas jovens de diversas espécies de peixes, ou por servirem de obstáculo à ação de determinados aparelhos de pesca, predatórios à ictiofauna, permitindo a manutenção de áreas protegidas<sup>8</sup>.

No total foram identificados seis lotes de áreas na margem esquerda e cinco lotes na margem direita, resultando em 2.373,73 ha de áreas de vegetação a ser efetivamente suprimida, distribuída pelas tipologias de capoeirinha à floresta densa, conforme indica a tabela 6.19 e o gráfico 6.1.

<sup>8</sup>Correspondência Prof. Dr. Evoy Zaniboni Filho – 20/10/2000, UFSC, Depto. de Aqüicultura, endereçada a MAESA; ELETROBRÁS Seminário sobre fauna aquática e o setor elétrico brasileiro, 1. Fundamentos. COMASE, Rio de Janeiro: Eletrobrás, 1993. 55 p.

TABELA 6.19

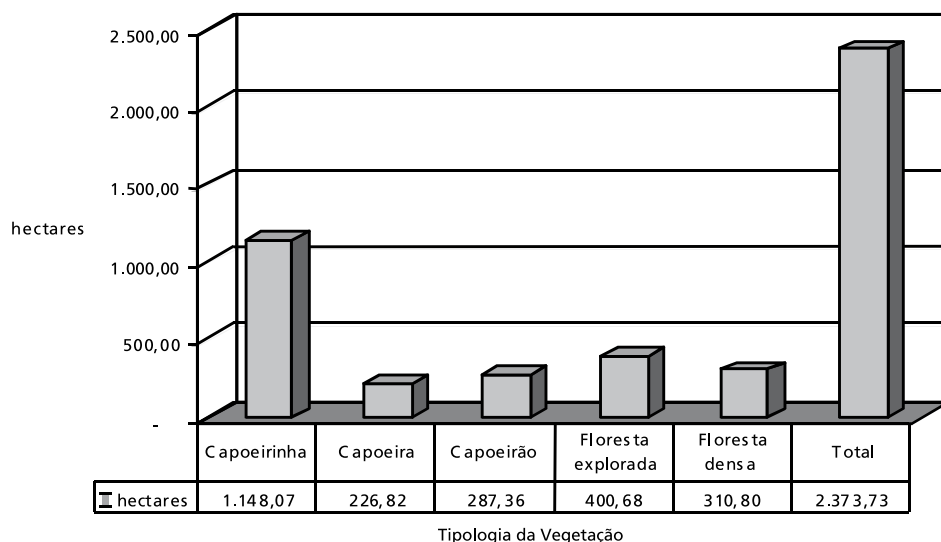
### Áreas desmatadas por tipologia da cobertura vegetal – 2000 e 2001

Tipologia vegetal	Área prevista (ha)	Área desmatada (ha)	Área não-desmatada (ANR)	
			Hectares	(%)
Capoeirinha	1.272,66	1.148,07	124,59	9,79
Capoeira	255,48	226,82	28,66	11,22
Capoeirão	363,07	287,36	75,71	20,85
Floresta explorada	580,41	400,68	179,73	30,97
Floresta densa	492,38	310,80	181,58	36,88
<b>Total</b>	<b>2.964,00</b>	<b>2.373,73</b>	<b>590,27</b>	<b>19,91</b>

(ANR – Área não recomendada para desmatamento)

Gráfico 6.1

### Programa de limpeza da bacia de acumulação Projeto de desmatamento – Abril de 2000



De acordo com a tabela 6.19, observa-se que a maior porcentagem de área não desmatada refere-se àquela coberta pela floresta densa, situada nas áreas mais íngremes, de difícil acesso. Quanto às demais, em especial às cobertas por capoeirões e capoeiras, a supressão foi feita com mais facilidade, em virtude de sua localização em áreas de melhor acesso<sup>9</sup>.

Devido à geomorfologia apresentada pela região, principalmente a alta declividade dos locais a serem desmatados, tornou-se necessária a implementação de um intenso

<sup>9</sup> Muitas dessas áreas de vegetação resultaram dos processos sucessionais advindos de antigos desmatamentos promovidos pela ocupação histórica da região. Na colonização dessas áreas a madeira era imprescindível, tanto para obtenção de lenha quanto para construção das casas e móveis.

programa de prevenção de acidentes, que contou com treinamentos, disponibilização de recursos e atendimento médico nas frentes de serviço.

Todos os trabalhadores envolvidos foram qualificados por meio de cursos de treinamento relacionados à utilização de equipamentos de proteção individual (EPIs) necessários a cada tipo de atividade, bem como sobre as técnicas e procedimentos de exploração florestal, com enfoque especial na derrubada da vegetação, segundo a Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho nº 12.

As empresas forneceram a todos os seus colaboradores os EPIs adequados a cada função e atividade: capacetes simples, capacetes com viseira e protetor auricular acoplado para operadores de motosserra, óculos de proteção, botina de segurança com solado antiderrapante e em bidensidade, luvas de raspas e luvas especiais pigmentadas para operadores de equipamentos, calça especial com trama de nylon e coturnos com lingüeta de nylon para motosserristas, máscaras respiratórias para atividades de trituração de galhadas e descarregamento de cavacos e perneiras tipo fibra com hastes de aço para proteção contra mordidas de animais peçonhentos e impactos.

Também foram oferecidos treinamentos de procedimentos a serem executados em caso específico de encontro com animais, notadamente aqueles perigosos (serpentes, vespas, abelhas e aranhas, por exemplo), atentando para o pronto acionamento da empresa responsável pelo salvamento de fauna (Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente Ltda.). Esse treinamento compreendeu ainda os procedimentos de primeiros socorros específicos.

Os trabalhos foram executados entre maio de 2000 (execução da área teste) e maio de 2001, com uma média de 850 funcionários treinados por mês, totalizando aproximadamente 1,45 milhão de horas-homem trabalhadas.

#### **6.4.2 Demolição, desinfecção e desinfestação**

As atividades relacionadas à demolição, desinfecção e desinfestação da área que foi inundada para a implantação da UHE Machadinho destinaram-se à retirada dos materiais que poderiam comprometer a qualidade da água do reservatório. Além disso, buscou-se evitar a contaminação da água do reservatório por agentes patogênicos e a disseminação de doenças de veiculação hídrica.

Essas medidas levaram ao recolhimento do material flutuante, contribuindo assim para a redução do processo de eutrofização. No local, foram demolidas e removidas edificações, tratados os resíduos das atividades de criação de aves e animais, das fossas e dos depósitos de lixo e relocados os cemitérios. Ao final, foi realizado o tratamento das áreas desocupadas antes do enchimento do reservatório.

Os trabalhos abrangeram as áreas cobertas pelo lago, as adquiridas pela empresa para a formação da faixa de proteção ciliar (APP – Áreas de Proteção Permanente) e os remanescentes não-inundados das propriedades adquiridas, alguns dos quais incorporados às áreas de proteção permanente.

Para a execução do subprograma, foram adotados os preceitos legais vigentes nos es-

**As atividades de demolição, desinfecção e desinfestação da área inundada destinaram-se à retirada dos materiais que poderiam comprometer a qualidade da água do reservatório.**

tados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, em especial o Código Sanitário de Santa Catarina – Lei nº 6.320, de 20/12/1983 e decretos regulamentadores e Lei nº 6.503, de 22/12/1972 do Rio Grande do Sul, que dispõem sobre a promoção, proteção e recuperação da Saúde Pública. Sempre que possível, firmou-se convênios com as prefeituras municipais, visando a destinação final de materiais para projetos de interesse social.

As atividades foram divididas em duas etapas. Na primeira, que antecedeu o enchimento do reservatório, as equipes de campo promoveram a demolição e desinfecção dos locais antes ocupados. Na segunda etapa, as equipes passaram a acompanhar o enchimento do reservatório, com o objetivo de recolher o material flutuante remanescente e encaminhar ao destino final adequado.

Entre as edificações demolidas ou deslocadas, destacam-se:

- ♦ Residências e instalações sanitárias associadas.
- ♦ Depósitos e instalações de manejo de combustíveis, de materiais tóxicos, agroquímicos e contaminantes.
- ♦ Remanescentes das redes de distribuição de energia elétrica, de iluminação pública, de telefonia e de abastecimento de água.
- ♦ Remanescentes do sistema viário, urbano ou interurbano, e rede de drenagem superficial.
- ♦ Pontes.
- ♦ Balsas.
- ♦ Remanescentes de instalações de criação confinada de aves e animais.
- ♦ Depósitos de lixo.
- ♦ Cemitérios.

## 6.5 Preservação do patrimônio histórico, cultural, paisagístico e arqueológico

Dividido em dois subprogramas – Preservação do patrimônio histórico, cultural e paisagístico e Salvamento do patrimônio arqueológico –, esse programa contou com a colaboração de diversas instituições e órgãos públicos. A Universidade de Caxias do Sul (UCS) foi contratada para levantar e sistematizar elementos histórico-culturais da área de influência da UHE Machadinho. Por meio de mestres e especialistas, a UCS responsabilizou-se pelo resgate e registro desses elementos na região.

O subprograma Salvamento do patrimônio arqueológico foi executado pelo Museu de Ciências e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), que respondeu pela guarda do acervo e contato direto com o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), por meio de suas Superintendências Regionais – 11.<sup>a</sup> (SC) e 12.<sup>a</sup> (RS).

Também colaboraram com o desenvolvimento dos dois subprogramas as prefeituras municipais, secretarias de educação e cultura, universidades localizadas em

**A preservação dos patrimônios histórico, cultural e paisagístico e o salvamento do patrimônio arqueológico contaram com a colaboração de diversas instituições e órgãos públicos.**

Santa Catarina e no Rio Grande do Sul, instituições de financiamento à pesquisa, e organismos de extensão rural dos dois estados. Contribuíram ainda os técnicos da empresa ETS – Energia, Transporte e Saneamento S/C Ltda. e os moradores das áreas abrangidas pela UHE Machadinho, que cooperaram para o resgate da memória e saberes locais.

### **6.5.1 Preservação do patrimônio histórico, cultural e paisagístico**

Os trabalhos desenvolvidos pela Universidade de Caxias do Sul finalizaram no resgate e registro dos elementos históricos e culturais da área do reservatório da UHE Machadinho, consolidados no Projeto ECAM, que formou um rico acervo dos patrimônios histórico, cultural e paisagístico da região.

Entre os anos de 1999 e 2000, foram realizados levantamentos de campo, com entrevistas nas comunidades e um inventário fotográfico, de caráter etnoantropológico, composto por imagens de trabalhos, festas, jogos, artesanato, práticas religiosas, edificações, paisagens, além de um vídeo apresentando os elementos culturais da região.

Esse conjunto de informações foi sistematizado no inventário do patrimônio cultural, dando origem ao documento intitulado Caminhos e Passos – Aspectos Históricos e Culturais da Área da Usina Hidrelétrica Machadinho, publicado pela Editora da UCS em parceria com a MAESA e distribuído às entidades da região.

Parte do material resgatado encontra-se na Universidade de Caxias do Sul e na Central de Informações Turísticas (CIT) localizada em Piratuba, como os registros fotográficos realizados pela própria UCS.

Visando apresentar as linhas gerais dos aspectos levantados nessa farta documentação, expõem-se a seguir alguns excertos do documento Caminhos e Passos, sem distinção de importância do conjunto da obra.

#### **6.5.1.1 Caracterização geral da história e do território**

O rio Pelotas, que divide um extenso trecho dos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, e em parte do qual foi construído o reservatório para a implantação da UHE Machadinho, deve seu nome a uma embarcação feita de um couro inteiro.

Formando um pequeno bote, “*a pelota consistia num couro cru atado pelas quatro garras, formando uma espécie de bolsão. O barco era ligado por um cabresto à cauda de um cavalo adestrado para isso. O cavalo, nadando, puxava assim a “pelota” e o soldado ou viajante atravessava calmamente o rio*” (Caminhos e Passos).

O processo de ocupação e povoamento da área, em diversas fases, ao longo de quase dois séculos, por povoadores de diferentes etnias, deu à região uma grande variedade cultural: o habitante indígena primitivo, os paulistas da Lapa e de Sorocaba,

os gaúchos da época da Guerra dos Farrapos, os trabalhadores da estrada de ferro vindos de diferentes estados do Sul e do Norte do país, os migrantes provindos de colônias alemãs, italianas e polonesas do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Todos esses grupos constituem um mosaico étnico cujos traços sobrevivem na cultura da região, seja de forma mais ou menos isolada, em bolsões étnicos, seja de forma integrada pelo contínuo intercâmbio cultural.

Graças à diversidade da paisagem encontrada nessa região, podem ser identificadas duas características distintas de cultura: a do campo e a da mata. Nos dez municípios da área, quase 50% das terras são campos utilizados pela pecuária, tanto do lado catarinense quanto do lado gaúcho.

Outros 30% das terras são aproveitados para a lavoura, na área de mata e florestas, ficando cerca de 20% do total como área inaproveitável ou como reserva florestal, parte dela por reflorestamento. Essas atividades econômicas têm estreita relação com os usos e costumes adotados pela população.

Além desses fatores, outras diferenças têm raízes em elementos étnicos. Com base nos estudos realizados, pôde-se identificar três tipos étnicos que teriam cruzado os caminhos na região:

- ♦ O campeiro, dedicado às atividades pecuárias, originado no processo inicial de povoamento do bandeirantismo pastoril.
- ♦ O caboclo, como é conhecido na região, dedicado à agricultura de subsistência ou a atividades subalternas na zona de pecuária, como resultado da afluência de mão-de-obra de variada procedência, em cruzamento com o índio e o negro.
- ♦ O colono, em grande parte de origem italiana ou alemã, quase sempre dedicado à agricultura em pequena propriedade familiar, e em alguns casos à atividade pecuária.

Não são muito diferentes, contudo, a cultura rural e a urbana, dado que os núcleos urbanos não são significativos em termos de população e grande parte de seus moradores vive em função das atividades agrícolas.

De uma forma geral, há uma cultura vinculada ao mundo pastoril, em municípios como Barracão, Ponte Alta, Zortéa e Campos Novos, e uma outra vinculada ao mundo agrícola nos demais municípios. Contudo, ainda resistem algumas diferenças entre a cultura cabocla e a dos migrantes posteriores, oriundos das chamadas colônias velhas do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, identificadas na forma de organização das propriedades, da arrumação das casas e quintais, do uso das varandas e do ajardinamento frontal das casas.

### 6.5.1.2 As distintas formas do artesanato

O levantamento dos vários tipos de artesanato produzidos na região da UHE

Machadinho confirma a característica do estilo de vida associado ao mundo rural. Apesar das mudanças significativas ocorridas nas últimas décadas, especialmente nos municípios de Piratuba, Capinzal e Campos Novos, a cultura da maioria da população guarda estreita relação com as atividades agrícolas. A indústria doméstica vai da produção de embutidos aos pequenos alambiques para a produção de cachaça. Essa produção artesanal destina-se a suprir as necessidades do grupo familiar ou, em alguns casos, à venda dos produtos.

Dentre as práticas artesanais, encontram-se a cestaria de taquara, de vime ou de palha de trigo e a produção de utensílios de couro e madeira, de uso freqüente nas casas e nos afazeres com o gado ou com as hortas, pomares ou cultivos.

Dentre as atividades de artesanato identificadas na região destacam-se:

- ♦ **Artesanato de couro:** deve-se ao Rio Grande do Sul a difusão do uso do couro como matéria-prima para a indumentária, objetos de uso doméstico e transporte de gêneros no Sul do Brasil.
- ♦ **Artesanato de lã:** atualmente encontra-se em declínio na área o artesanato de lã produzido nos moldes tradicionais, mediante o fiar na roda e fuso para tecer a lã de ovelha em rústicos teares domésticos. Essa arte milenar, antes freqüente, especialmente até o final dos anos 1970, nos municípios de Pinhal da Serra, Campos Novos e Barracão, é executada por poucas mulheres da região.
- ♦ **Artesanato da cestaria:** é ainda muito comum na zona rural a fabricação dos cestos de palha de trigo e de palha de milho em todos os municípios da região abrangida pela UHE Machadinho.
- ♦ **Artesanato da palha de milho:** caracterizado pela ação do extensionismo rural, a difusão de técnicas para a produção de objetos utilitários e não-utilitários, feitos com palha de milho, é recente em toda a região, destacando-se os municípios de Machadinho (RS) e Piratuba (SC). Cabe relembrar a antiga forma de utilização da palha de milho como invólucro da rapadura artesanal ou da pamonha que continua sendo utilizada em todos os municípios.
- ♦ **Artesanato de flores de papel:** a habilidade ainda não desapareceu na região, sobretudo ligada à montagem de enfeites de festas e celebrações religiosas. Ao papel foram associados o plástico e material sintético nos diversos arranjos incorporados a sacolas e na decoração de salões e locais públicos.
- ♦ **Artesanato de madeira:** não tem grande expressão na região, destacando-se, porém, um artesão, produtor de utensílios como colheres de pau, conchas e tanques destinados às atividades domésticas. Em Piratuba podem ser encontrados ainda artistas que produzem objetos de decoração em madeira.

**A região compreendida pelo alto curso do rio Uruguai e seus afluentes, Canoas e Pelotas, foi ocupada por grupos humanos desde os últimos dez mil anos.**

### **6.5.2 Salvamento do patrimônio arqueológico**

O salvamento do patrimônio arqueológico foi executado pelo Museu de Ciências

e Tecnologia (MCT) da PUC-RS, compreendendo diversas atividades: registro e inventário da totalidade dos sítios arqueológicos, salvamento do patrimônio arqueológico por meio da coleta sistemática, prospecção e escavação em áreas amplas. Antes da implantação da Usina, foram realizados o salvamento e a pesquisa, com base na avaliação do impacto das ações humanas na destruição total ou parcial dos sítios arqueológicos e da ocupação pré-histórica no Alto Uruguai, comparando-a com o padrão de assentamento já conhecido em outras regiões estudadas.

Dessa forma, foram evidenciados a ocupação da área e os padrões de assentamento, em diferentes períodos, tanto pela exploração de recursos naturais e confecção de artefatos quanto pela dieta alimentar. A grande maioria do material cerâmico e lítico encontrado está associada às antigas ocupações dos índios guarani ao longo do rio Pelotas e de seus afluentes.

O resultado final foi a criação de um acervo de mais de 100.000 artefatos arqueológicos, além de diversas pesquisas, dissertações de mestrado e teses de doutorado sobre a região. O Relatório Final, com o Inventário do Material Arqueológico, foi remetido ao IPHAN, que aprovou sua metodologia e resultados obtidos.

#### **6.5.2.1. A ocupação humana**

Os registros e datações arqueológicas realizados apontam que a região compreendida pelo alto curso do rio Uruguai e seus afluentes, Canoas e Pelotas, foi ocupada por grupos humanos desde os últimos dez mil anos. Tratavam-se, no início, de grupos coletores e caçadores, utilizadores de pontas de pedra lascada e boleadeiras. Percorriam o espaço geográfico acompanhando o movimento migratório da fauna e a época de maturação dos recursos naturais.

A expansão das florestas subtropicais, há cerca de seis mil anos, para o interior dos vales dos rios da bacia do Uruguai, orientou a ocorrência de grupos coletores e caçadores. Com a chegada de contingentes populacionais originários dos movimentos migratórios iniciados na bacia amazônica e portadores de técnicas de cultivo tropical, esses grupos foram adquirindo novas modalidades de práticas, antes desconhecidas, como a queimada de matas para obtenção de novas terras cultiváveis (conhecida como coivara) em substituição às terras em pousio.

Considerando todas as evidências já relatadas, seria inadequado supor um vazio populacional anterior à colonização européia na região do Alto Uruguai. A partir do ciclo que se iniciou com a chegada dos europeus, a territorialidade pré-histórica dos grupos indígenas passou a ser afetada pela expansão das frentes pioneiras da sociedade ibero-americana. Nos séculos XVII e XVIII as florestas do Alto Uruguai transformaram-se em refúgio para diversas populações indígenas que fugiam das frentes de expansão, sobretudo os grupos de fala kaingang. O fim das Missões Jesuíticas levou também à dispersão da população guarani para escapar do poderio militar português.

A história da ocupação da região de abrangência da UHE Machadinho, com seus dis-

**A grande maioria do material cerâmico e lítico encontrado está associada às antigas ocupações dos índios guarani ao longo do rio Pelotas e de seus afluentes.**



tintos momentos de exploração, revela elementos culturais de várias procedências possíveis de registro e resgate sistemático empreendido ao longo do rio Pelotas e seus afluentes.

### 6.5.2.2 Os registros de salvamento na região da UHE Machadinho

Considerando os principais objetivos do projeto, entre os quais destacam-se o registro e o inventário dos sítios arqueológicos da área abrangida pelos impactos diretos e indiretos advindos da construção da barragem, o salvamento do material arqueológico antes das obras e a avaliação da ocupação humana pré-histórica no Alto Uruguai, foram reunidos alguns desses elementos e ilustrados nas fotos inseridas na parte Memória Fotográfica – Programas Ambientais. Em algumas dessas imagens é possível verificar as técnicas utilizadas em campo, como a abertura de quadrículas em sítios para obtenção de fragmentos cerâmicos, ósseos, artefatos líticos, amostras de carvão, dentre outros.

## 6.6 Conservação da flora e da fauna

A região onde está localizada a Usina Hidrelétrica Machadinho é formada por rochas vulcânicas com cerca de 130 milhões de anos, sobre as quais está o rio Pelotas, um dos principais formadores do reservatório de Machadinho. O rio nasce no alto da Serra Geral, a 1.600 m acima do nível do mar e vem descendo entre encostas íngremes, num extenso vale encaixado, de difícil acesso em vários trechos e formado por terras pouco adequadas ou impróprias para o cultivo agrícola. Todas essas características e a baixa ocupação populacional da região favoreceram a implantação da Usina Hidrelétrica Machadinho e a formação do reservatório com menor ocorrência de impactos ambientais.

Na área de influência da UHE Machadinho ocorrem três tipos de vegetação originais distintas e sua fauna associada:

- ♦ Floresta do rio Uruguai (Floresta Estacional Decidual): ocorre nas margens dos rios Uruguai, Pelotas, Canoas e de seus principais afluentes.
- ♦ Mata de Araucária (Floresta Ombrófila Mista): ocorre no topo do altiplano, em altitudes superiores a 700, 800 metros.
- ♦ Região das Savanas ou campos: ocorre nas áreas mais elevadas, nos altiplanos.

Em todas essas formações originais existiam, desde a fase de colonização da região, focos de alteração provenientes de um intenso desmatamento seletivo, com a exportação de madeira bruta, seguida da exploração agrícola rudimentar e da criação de gado. As levas de colonizadores que chegaram à região por volta de 1870, sobretudo de italianos, localizaram-se nas áreas cobertas pela Floresta Ombrófila Mista Montana, que foram desmatadas em vários trechos, para implantação da policultura – trigo, milho, feijão, videira – e de pequenas áreas de pastagem.

A paisagem resultante desse processo histórico de ocupação, quando da implanta-

**Em todas as formações originais existiam, desde a fase de colonização da região, focos de alteração provenientes de um intenso desmatamento seletivo, com a exportação de madeira bruta, seguida da exploração agrícola rudimentar e da criação de gado.**

ção da UHE Machadinho, foi um cenário com variados níveis de cobertura vegetal, mais preservado nos segmentos dos vales mais encaixados, de difícil acesso e sujeitos a enchentes periódicas.

Entre os programas desenvolvidos na etapa de implantação da UHE Machadinho, a limpeza da bacia de acumulação, onde seria instalado o futuro reservatório, deveria ser precedida por um completo levantamento das espécies vegetais e animais. Essa ação tinha por objetivo criar as melhores soluções para mitigar e compensar os impactos decorrentes da alteração irreversível da paisagem que seria futuramente submersa. Essa fase dos trabalhos, envolvendo o resgate e salvamento da flora e fauna foi realizada pela empresa Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente Ltda.

Para tanto, o Programa de Conservação da Flora e da Fauna foi subdividido em quatro subprogramas:

- ♦ Salvamento da flora e proteção do reservatório.
- ♦ Unidades de conservação.
- ♦ Salvamento e manejo da fauna silvestre.
- ♦ Monitoramento e manejo da ictiofauna.

### 6.6.1 Salvamento da flora e proteção do reservatório

Em decorrência da implantação do empreendimento, a vegetação natural, constituída principalmente por estágios secundários de regeneração, deveria ser retirada antes do enchimento do reservatório, oportunidade em que foram feitas as coletas de sementes. A fim de compensar esse efeito ao ambiente da região, foi implantada no entorno do reservatório uma faixa de vegetação nativa variável, com cerca de 30 metros de largura. Essa faixa, somada aos remanescentes florestais ainda existentes, alcança hoje uma largura de 86,6 m, em média, compreendendo a Área de Proteção Permanente (APP) do reservatório, e contribui para a formação de corredores de ligação entre os diversos fragmentos da floresta nativa.

Além da revegetação do perímetro do reservatório do canteiro de obras e das áreas remanescentes, foram implantados reflorestamentos nas microbacias e em áreas indígenas (ainda que o reservatório não tenha atingido diretamente nenhuma delas), visando a conservação do solo e da água na bacia de contribuição do reservatório.

A recomposição vegetal da faixa ciliar e das demais áreas foi possível com o emprego de mudas produzidas nos viveiros florestais implantados especialmente para os reflorestamentos da Usina Hidrelétrica Machadinho. Entre 2001 e 2002 foram desenvolvidas mais de 500 mil mudas.

No seu conjunto, a Usina Hidrelétrica Machadinho totalizou, até o início de 2007, o plantio de mais de 1,1 milhão de árvores, o que corresponderia à cobertura vegetal de cerca de 1.100 campos de futebol.

**No seu conjunto, a Usina Hidrelétrica Machadinho totalizou, até o início de 2007, o plantio de mais de 1,1 milhão de árvores, o que corresponderia à cobertura vegetal de cerca de 1.100 campos de futebol.**

Entre as atividades desenvolvidas nesse programa destacam-se:

#### **6.6.1.1 Recuperação do canteiro de obras**

Associado ao Programa de Proteção do Reservatório, teve-se o Programa 3 – Adequação da Infra-estrutura de Serviços e Recomposição das Áreas da Obra, já apresentado, com as medidas específicas de recuperação do canteiro de obras, desativado no encerramento das obras civis da UHE Machadinho. A essa desativação seguiram-se ações para recuperação de toda a área, com a demolição das instalações de suporte à obra, o reaquecimento do terreno e plantio de espécies forrageiras (gramíneas e leguminosas). Na seqüência dessa recomposição, houve o plantio de 68.400 mudas de espécies nativas.

#### **6.6.1.2 Recomposição vegetal da faixa ciliar no entorno do reservatório**

Em novembro de 2002 foi finalizado o plantio das 376.300 mudas florestais nativas previstas nesse projeto. Sua manutenção e o replantio das perdas se estenderam até maio de 2004.

#### **6.6.1.3 Reposição florestal a título de compensação ambiental de áreas situadas no Rio Grande do Sul<sup>10</sup>**

Na legislação do estado do Rio Grande do Sul consta a obrigatoriedade de reposição florestal a título de compensação ambiental para construção de qualquer empreendimento. Segundo essa legislação, a reposição florestal deve ser calculada na base de 15 mudas de espécies nativas para cada árvore cortada, preferencialmente da mesma espécie. Com base nessa avaliação, haveria a necessidade de reposição de 1.587.000 mudas. Foi acertado com o DEFAP – Departamento de Florestas e Áreas Protegidas – Secretaria do Meio Ambiente/RS, em outubro de 2002, que esse montante seria de cerca de 1.087.303 mudas, distribuídas conforme indicado na tabela 6.20. O restante, de cerca de 503 mil mudas foi incluído num termo de cooperação para ser convertido em valores a serem repassados ao estado, visando a aquisição de terras para a regularização fundiária do Parque Estadual de Espigão Alto<sup>11</sup>.

<sup>10</sup> Nos termos do Art. 163, da Lei Estadual N.º 11.520, de 03/08/2000, Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul, consta a obrigatoriedade de reposição florestal, a título de compensação ambiental para construção de quaisquer obras neste estado, públicas ou privadas. Segundo o Decreto Estadual nº 38.355, de 1/4/1998, em seu Art. 29, consta a reposição florestal obrigatória na base de 15 mudas de espécies nativas para cada árvore cortada, preferencialmente da mesma espécie.

<sup>11</sup> Termo de Cooperação e Modificação de Responsabilidade de Reposição Florestal Obrigatória a Título de Compensação Ambiental em decorrência do empreendimento da Usina Hidrelétrica Machadinho - UHMA, que entre si celebram o Estado do Rio Grande do Sul, por intermédio da Secretaria Estadual do Meio Ambiente – SEMA, e Machadinho Energética S.A. – MAESA., em 24/10/2002. Até o momento esses recursos não foram gastos pelo Estado, tendo sido assinados 5 (cinco) Termos Aditivos, sempre com vigência de um ano. O último Termo Aditivo Nº 5 vigora até 24/10/2007.

Tabela 6.20

### Distribuição das mudas previstas no Rio Grande do Sul e no total das áreas, compreendendo RS e SC.

Localização dos plantios	RS	Total
Áreas canteiro de obras (RS e SC)	25.000	68.400
Recomposição vegetal faixa ciliar (RS e SC)	239.155	376.300
Área Indígena Cacique Doble (RS)	61.944	61.944
Área Indígena do Ligeiro (RS)	71.944*	37.140
Microbacia do rio Carazinho (São José do Ouro - RS)	200.000	200.164
Áreas remanescentes (RS e SC)	103.000	103.000
Sistema agroflorestal (RS)	386.260	315.943
<b>Total</b>	<b>1.087.303</b>	<b>1.162.891</b>

(\*) A diferença a menos da quantidade de mudas previstas para a Área Indígena do Ligeiro (RS) – 34.804 mudas, foi transferida para a recomposição vegetal da faixa ciliar do estado do Rio Grande do Sul.

A seguir são comentados os reflorestamentos de espécies nativas das Áreas Indígenas de Cacique Doble e do Ligeiro, da Microbacia do Rio Carazinho e do Sistema Agroflorestal. A recomposição do canteiro de obras, da faixa ciliar e das áreas remanescentes já foi descrita nos itens anteriores.

#### 6.6.1.3.1 Reflorestamento em área indígena de Cacique Doble

As 61.944 mudas florestais nativas previstas nesse projeto foram plantadas até julho de 2001. Sua manutenção e o replantio das perdas foram concluídos em setembro de 2004.

#### 6.6.1.3.2 Reflorestamento em área indígena de Ligeiro

Ao todo, 37.140 mudas florestais nativas foram plantadas, em um processo concluído em setembro de 2004.

#### 6.6.1.3.3 Reflorestamento da microbacia do rio Carazinho, em São José do Ouro

Esse projeto teve início em janeiro de 2003. Foram plantadas 184.826 mudas de espécies florestais nativas e replantadas 15.338 mudas. O projeto foi concluído em outubro de 2004.

#### 6.6.1.3.4 Implantação de sistema agroflorestal em Machadinho (nativas e erva-mate)

O sistema agroflorestal compreende o consórcio de espécies florestais nativas com a erva-mate, visando o desenvolvimento de uma atividade agroindustrial com sustentabilidade ambiental e econômica. Associada à revegetação do solo com espécies florestais nativas tem-se a geração de emprego e renda no meio rural e estímulo à agroindústria.

Participam do projeto cerca de 80 produtores rurais do município de Machadinho, sendo que cada produtor implanta de um a três hectares.

No período de 2001 a 2006 foram plantadas 315.943 mudas de espécies florestais nativas (erva-mate e outras), prevendo-se para 2007 o plantio de 70.317 mudas selecionadas de erva-mate consorciadas com outras espécies florestais nativas em pequenas propriedades do município de Machadinho (RS). Nesse projeto é desenvolvido o plantio da erva-mate Cambona IV, progênie adotada pelos produtores rurais pelo seu alto nível de produtividade e resultados obtidos na comercialização.

Após cerca de cinco anos de implantação do sistema agroflorestal, os produtores alcançaram um padrão de distribuição ideal das espécies florestais nativas em um hectare, conforme apresenta a tabela 6.21.

Tabela 6.21

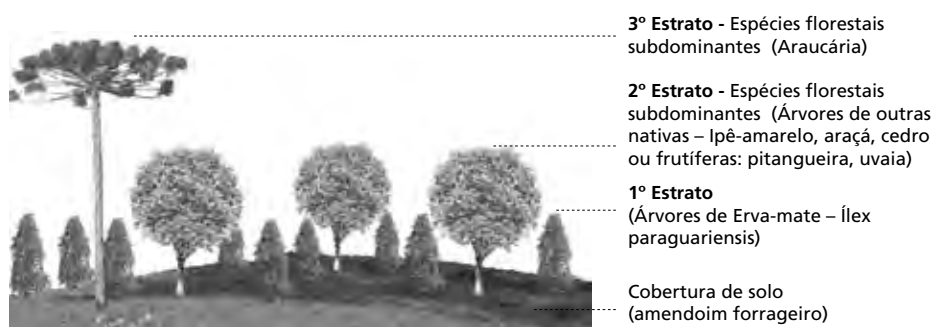
### Distribuição de espécies florestais nativas em um hectare

Espécies florestais	Quantidade de árvores
Erva-mate ( <i>Ílex paraguariensis</i> )	2.580
Outras espécies florestais nativas (ipê-amarelo, cedro etc.)	280
Araucárias (plantadas na linha de contorno do erval)	80
<b>Total</b>	<b>2.940</b>

A figura 6.5 ilustra a distribuição de espécies florestais em três estratos. Observe-se que as árvores de erva-mate ocupam o primeiro estrato, seguidas, em menor número, pelas demais espécies nativas. As araucárias são plantadas na linha de contorno dos ervais.

Figura 6.5

### Sistema agroflorestal – Distribuição das espécies florestais em três estratos



No período de 2001 a 2006 foram plantadas 315.943 mudas de espécies florestais nativas (erva-mate e outras), pela Associação dos Produtores de Erva-Mate de Machadinho (Apromate).

#### Resultados do SAF – Sistema Agroflorestal/Cambona IV

Nos plantios realizados em 2001, 2002 e 2003 com o Sistema Agroflorestal Cambona IV, nos ervais nas propriedades de Machadinho (com três, quatro e cinco anos de idade), foram levantados os indicadores apresentados nas tabelas a seguir.

Tabela 6.22

**Indicadores técnicos e econômicos do SAF – Cambona IV**

Plantios e produção	2004	2005	2006
Área colhida (ha)	23,32	24,92	22,23
Produção (em @) 1 @ = 15 kg	3.330,00	7.056,00	10.266,00
Preço pago (R\$/@)	4,00	5,00	6,00
Valor da produção	13.320,00	35.280,00	61.596,00
Produtividade média (@/ha)	142,79	283,14	461,80
Receita média (R\$/ha)	571,00	1.415,00	2.770,00
Receita média nos três anos	R\$ 1.585,00/hectare/ano		

Tabela 6.23

**Indicadores técnicos e econômicos do SAF – Cambona IV  
Rendimento obtido em 2006**

Plantios e produção em 2006		Valores
Produtividade média		461,60 @ / ha
Receita bruta (R\$/ha)		2.770,00
Custo de implantação (R\$)	Total	525,00
	80 kg de sementes de aveia p/ cobertura solo em R\$	64,00
	Colheita (R\$ 1,00 / @) em R\$	461,80
	Limpeza (não há desembolso – mão-de-obra familiar)	0,00
Receita líquida (R\$/ha)		2.245,00

Fonte: APROMATE, maio 2007

**Geração de emprego e renda**

Cerca de 6,25 ha plantados com erva-mate resultam em um emprego permanente no campo, com uma renda mensal de cerca de R\$ 625,00.

A mesma relação pode ser traçada para a correspondente ocupação na indústria, onde cerca de 20 ha de erva-mate correspondem a um emprego permanente na indústria.

O processamento de 800 arrobas (12 t) de matéria-prima (folha verde) utiliza oito funcionários e consome 9,6 m<sup>3</sup> de lenha (obtida em reflorestamento pinus/eucalipto).

Esse processo significa a ampliação da cadeia do processo produtivo, na medida que para atingir o consumidor final o produto erva-mate emprega desde o produtor rural envolvido diretamente na produção, até o fornecedor de sementes e lenha para queima da folha verde.

A relação final de quantidade de folha verde é de 3:1. Para cada três quilogramas de folha verde colhida no campo obtém-se um quilograma de erva-mate.

**6.6.2 Unidades de Conservação**

Dentre as medidas compensatórias decorrentes da supressão da cobertura vegetal, perda de habitats, fuga da fauna e redução na densidade de organismos, o EIA/RIMA

**O IBAMA ratificou a proposta para aplicação dos recursos destinados à compensação ambiental nos Parques Nacional de São Joaquim (SC) e Estadual de Espigão Alto (RS), no valor de R\$ 3,8 milhões.**

e, posteriormente o PBA, indicaram a aplicação de recursos em Unidade de Conservação de Proteção Integral já decretada ou a ser criada, segundo os preceitos emanados da legislação ambiental, no caso a Resolução CONAMA 02/96, de 18/4/1996.

De acordo com essa legislação, o montante dos recursos a serem empregados na área a ser utilizada, bem como o valor dos serviços e das obras de infra-estrutura necessárias ao cumprimento dos objetivos de conservação ambiental, seria proporcional à alteração e ao meio ambiental a ressarcir, não sendo inferior a 0,5% (meio por cento) dos custos totais previstos para implantação do empreendimento.

Em correspondência enviada ao IBAMA, em 28/5/1999, foi informado o custo total do empreendimento, orçado em R\$ 742,5 milhões. Em resposta, o IBAMA ratificou a proposta para aplicação dos recursos destinados à compensação ambiental nos Parques Nacional de São Joaquim (SC) e Estadual de Espigão Alto (RS), no valor de R\$ 3,8 milhões, correspondente à compensação ambiental da UHE Machadinho.

Por determinação do IBAMA, a compensação ambiental da UHE Machadinho deveria ser aplicada na seguinte proporção: 85% no Parque Nacional de São Joaquim e 15% no Parque Estadual de Espigão Alto.

Para o Parque Nacional de São Joaquim, localizado no estado de Santa Catarina, os recursos deveriam ser aplicados na sua regularização fundiária. Para o Parque Estadual de Espigão Alto, localizado no município de Barracão (RS), os recursos seriam destinados, preferencialmente, à regularização fundiária ou à ampliação da área protegida.

#### **6.6.2.1 Parque Nacional de São Joaquim (SC)**

O Parque Nacional de São Joaquim foi criado pelo Decreto nº 50.922, de 6/7/1961, em terras dos municípios de São Joaquim, Urubici, Bom Retiro, Bom Jardim e Orleans, no sudeste do estado de Santa Catarina, sob os preceitos de preservação das matas de araucária existentes nessa região, compreendendo uma área original aproximada de 49.300 ha. O parque possui três tipos de vegetação: os campos gerais, as matas de araucárias (Floresta Ombrófila Mista), nas encostas e nos vales, e a Floresta Pluvial Subtropical, nos fundos de vale.

Essa diretriz buscava manter, sob esse diploma legal, a conservação desses ecossistemas frente ao avanço do ciclo madeireiro ocorrido nas décadas de 1950 e 1960. Mas a ausência de uma regulamentação documental rigorosa dos imóveis desapropriados, associada à precariedade de sua infra-estrutura turística e à exploração florestal contínua, foi descaracterizando parte de suas áreas, ocupadas com usos distintos daqueles que levaram à sua criação. Em abril de 2002, o parque passaria por novas alterações de limites, visando a sua regulamentação.

O IBAMA, que é responsável pela gestão do parque, determinou a aplicação dos recursos na regularização fundiária, a fim de ultimar sua definição de limites e o manejo concernente a uma unidade de proteção integral. Dentre os serviços executados, em resposta às demandas do órgão ambiental, citam-se o levantamen-

to aerofotogramétrico, mapeamento e cadastramento de propriedades, realizados pela empresa Aerosat Arquitetura Ltda. objetivando sua aquisição posterior pelo IBAMA. Esses serviços foram iniciados em 2002, e parte deles, relativos ao levantamento cadastral e das cadeias dominiais, encontra-se em fase de conclusão. O parque não possui ainda Plano de Manejo.

### 6.6.2.2 Parque Estadual de Espigão Alto (RS)

O Parque Estadual de Espigão Alto foi criado em 1949, pelo Decreto Estadual nº 658, de 10/3/1949, com 1.325,4 ha, encravado no município de Barracão, junto ao rio Uruguai, ao norte do estado do Rio Grande do Sul, compreendendo os biomas e ecossistemas da Mata Atlântica, Mata com Araucária (Floresta Ombrófila Mista) e Mata Latifoliada (Floresta Ombrófila Densa).

Para o Parque Estadual de Espigão Alto, localizado no município de Barracão (RS), os recursos seriam destinados, prioritariamente, para a regularização fundiária e pagamento de serviços e equipamentos solicitados pelo Departamento de Florestas e Áreas Protegidas (DEFAP) do estado do Rio Grande do Sul.

As atividades estabelecidas para o Parque Estadual de Espigão Alto estão sob a gestão da SEMA/DEFAP-RS, de acordo com o Plano de Manejo do Parque, concluído e aprovado pela Portaria nº 47, de 17/12/2002, da Secretaria do Meio Ambiente do estado do Rio Grande do Sul.

### 6.6.3 Selo de Compensação Ambiental

Pelas atividades desenvolvidas nesse programa, a MAESA foi contemplada com o Selo de Compensação Ambiental, em 21 de setembro de 2004, pelo Governo do Estado do Rio Grande do Sul, por meio da Secretaria de Meio Ambiente (Decreto nº 43.339/2004). O reconhecimento se deve à aplicação de recursos no Parque Estadual de Espigão Alto, emanada da compensação ambiental integrante do Licenciamento Ambiental.

### 6.6.4 Salvamento e manejo da fauna silvestre

A área de influência da UHE Machadinho apresenta uma vegetação já bastante alterada, sobretudo por fatores antrópicos relacionados à época da colonização e da exploração madeireira. Em função dessa alteração, a fauna presente na área apresenta espécies remanescentes adaptadas às mudanças ambientais, principalmente as espécies de áreas abertas e de pequeno porte. Na etapa de implantação do empreendimento, a fauna típica da região estava acomodada nos ambientes de borda e corredores, dominantes no ambiente fragmentado de pequenas propriedades.

O programa objetivou diminuir a perda da biodiversidade em função do enchimento do reservatório e promoveu o levantamento e resgate de anfíbios,

**O programa de salvamento e manejo da fauna silvestre diminuiu a perda da biodiversidade em função do enchimento do reservatório e promoveu o levantamento e resgate de mamíferos, répteis e aves.**



répteis, aves e mamíferos. Assim, foram executadas ações de monitoramento no pré-alagamento, durante o alagamento (salvamento brando, resgate e monitoramento da fauna) e no pós-alagamento (monitoramento de anfíbios, répteis, aves, mamíferos, de furnas e de remansos).

Essas ações foram desenvolvidas no Centro de Operações de Machadinho e nas Bases Operacionais de Piratuba (SC) e Barracão (RS), dotados de administração, laboratórios de fauna e flora, galpão para triagem de materiais, sementeira, viveiro e alojamento. Para o manejo da fauna resgatada contou-se com o Núcleo de Viveiros para Animais Salvos (NVTAS), localizado no município de Machadinho (RS).

O salvamento brando visou demarcar áreas que deveriam ser mantidas para proteção de ninhos. Após essa etapa, iniciou-se o resgate, com a condução ou a captura do animal para relocação ou doação. Também foi realizado o monitoramento da fauna, por meio da observação contínua de répteis, aves e mamíferos.

O subprograma de salvamento e manejo da fauna silvestre, desenvolvido pelas equipes técnicas e de especialistas para a implantação da UHE Machadinho, foi importante para a adoção de procedimentos pioneiros nesse tipo de empreendimento. Tais experiências resultaram na indicação, por parte do IBAMA, da Instrução Normativa nº 146, de 10/1/2007, visando o levantamento, monitoramento, salvamento, resgate e destinação da fauna localizada em áreas sujeitas ao licenciamento ambiental.

Entre os principais resultados desse subprograma pode-se destacar a consolidação de um método para geoprocessamento aplicado ao salvamento e manejo de fauna e também de um método para monitoramento de animais.

Com base nas atividades de monitoramento, tornou-se possível concluir que a fauna de vertebrados está se adequando à nova situação criada após o barramento da UHE Machadinho, pois nenhuma diferença significativa foi notada quanto à sua estrutura antes e depois do alagamento.

**O Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce da Universidade Federal de Santa Catarina (LAPAD/UFSC) realizou os trabalhos de coleta de dados representativos da comunidade de peixes e o resgate e salvamento dos animais.**

### **6.6.5 Monitoramento e manejo da ictiofauna**

Esse subprograma teve início antes da implantação da UHE Machadinho e permanece durante sua fase de operação. Isso porque se destina não apenas à adoção de procedimentos adequados para o salvamento durante o desvio do rio e enchimento do reservatório, mas também a propiciar o conhecimento da composição da ictiofauna e a determinação de ações de manejo e monitoramento, visando a promoção da conscientização ecológica.

Desde a fase de implantação da UHE Machadinho, o Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce da Universidade Federal de Santa Catarina (LAPAD/UFSC) foi contratado para realizar os trabalhos de coleta de dados representativos da comunidade de peixes e o resgate e salvamento dos

animais. Assim, foram coletados cerca de 47 mil peixes durante a etapa de desvio do rio e salvos 18.791 peixes durante o enchimento do reservatório. Além disso, desenvolveu-se a produção de alevinos de espécies migratórias na Estação de Piscicultura de São Carlos. Foram encontradas as seguintes espécies de peixes: cascudo, mandí, lambari, espada, bagre, joaninha, traíra, muçum, tainha, pintado, carpa e dourado.

O subprograma, que continua sob a responsabilidade do LAPAD/UFSC, gerou ações executadas antes, durante e após o enchimento do reservatório: a determinação do ciclo biológico das principais espécies de peixes, a conservação da diversidade genética, o desenvolvimento da tecnologia de cultivo, o acompanhamento do processo de sucessão ecológica no reservatório e a jusante e o desenvolvimento de técnicas para produção de alevinos de espécies migradoras.

Nesse trabalho, foram realizados estudos da estrutura e dinâmica das espécies residentes, temporárias e extemporâneas, além de levantar-se as relações de similaridade, dissimilaridade e sucessão ecológica. Foram realizadas também atividades pesqueiras, visando o armazenamento de exemplares para plantel de reprodutores, o rendimento pesqueiro e a composição do pescado. Os procedimentos utilizados foram os seguintes:

- ♦ Tecnologia de conservação *in vitro*: envolve as espécies dourado (*Salminus maxillosus*), curimatã (*Prochilodus lineatus*), piracanjuba (*Brycon orbignyanus*), pia-va (*Leporinus obtusidens*) e surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*).
- ♦ Desenvolvimento embrionário e larval: compreende as espécies piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) e pintado (*Pimelodus maculatus*).
- ♦ Reprodução induzida: nas espécies dourado (*Salminus maxillosus*), curimatã (*Prochilodus lineatus*) e pintado (*Pimelodus maculatus*).
- ♦ Testes de larvicultura: realizados nas espécies dourado (*Salminus maxillosus*), curimatã (*Prochilodus lineatus*), piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) e pintado (*Pimelodus maculatus*).

## 6.7 Monitoramento e controle

A implantação da UHE Machadinho modificou a paisagem da região e as condições naturais do terreno, do relevo e das encostas, o que demandou a implementação de monitoramentos e controles das condições físicas, químicas e biológicas desde a fase preliminar de implantação do empreendimento, durante sua construção e até a etapa operacional da usina.

O acompanhamento das alterações originadas pela implantação de reservatório para geração de energia mostra-se de extrema importância, tendo em vista que trata-se de um bem da União, cujo aproveitamento se faz em regime de concessão a um empreendedor qualificado. Sobre esse empreendedor repousa a sistemática adotada

**O empreendimento mantém programas de monitoramentos e controles das condições físicas, químicas e biológicas desde a fase preliminar de implantação, durante sua construção e após a entrada em operação da usina.**

no ordenamento jurídico brasileiro, que lhe impõe responsabilidade objetiva e se estende por todo o período de concessão e outorga.

Dessa forma, o empreendedor deve registrar não apenas as condições anteriores, mas também promover o permanente monitoramento das condições ambientais que incidem sobre o seu empreendimento, a fim de caracterizar tão bem quanto possível a sua responsabilidade e reunir argumentos caso fatos promovidos por terceiros venham a ser indevidamente imputados a ele.

Para melhor sistematizar o monitoramento, cuja frequência e periodicidade decorrem da especificidade de cada fenômeno tratado, o empreendedor estabeleceu um plano de gestão ambiental do reservatório na fase de operação da UHE Machadinho. Esse plano deu continuidade aos programas de monitoramento e controle executados na fase de implantação do empreendimento.

Conforme estabelecia o Projeto Básico Ambiental (PBA), os programas de monitoramento e controle foram divididos em três grandes subprogramas:

- ♦ Monitoramento das condições físicas, químicas e biológicas.
- ♦ Acompanhamento e controle de macrófitas.
- ♦ Ações integradas de conservação do solo e da água, saneamento rural e fomento à produção agropecuária.

### **6.7.1 Monitoramento das condições físicas, químicas e biológicas**

Esse subprograma compreendeu observações e estudos de condições climatológicas, condições hidrossedimentológicas, monitoramento e controle da estabilidade dos taludes marginais, acompanhamento das condições sismológicas, monitoramento das águas subterrâneas e monitoramento das águas superficiais.

#### **6.7.1.1 Condições climatológicas**

As observações das condições climatológicas na fase de implantação da UHE Machadinho e, atualmente, na fase operacional, estão sob a responsabilidade do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM), órgão pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S/A (EPAGRI).

Os estudos realizados nas fases anteriores e durante a implantação da UHE Machadinho, destinados a avaliar a ocorrência de anomalias e variações climáticas na região, atestam a normalidade dos resultados obtidos nas oito variáveis observadas – precipitação, temperaturas máxima, mínima e média; umidade relativa, evaporação, insolação e radiação. Esses estudos foram baseados em dados disponíveis no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no período de 1938 a 1972, e nas análises estatísticas dos dados medidos nas estações convencionais e automáticas de

Itá, Chapecó, Campos Novos e Marcelino Ramos.

Algumas anomalias climáticas registradas, especialmente durante os anos de 1999 e 2000, decorreram da incidência intensa do fenômeno conhecido como La Niña. Naquela época foram registradas diminuição das chuvas e baixas temperaturas com geadas no Oeste de Santa Catarina e em parte do Rio Grande do Sul, do Paraguai, da Argentina e do Uruguai, além de mudanças bruscas de tempo relacionadas à transição entre os regimes de inverno e verão. Essas alterações não tinham, portanto, nenhuma relação com a construção da UHE Machadinho.

Em termos regionais, o clima de Santa Catarina entrou na chamada normalidade climática em meados de 2000, depois de nove anos de sucessivos fenômenos El Niño e La Niña, que causam o aquecimento e resfriamento do oceano pacífico equatorial.

O estado de Santa Catarina está localizado numa das regiões que sofre os maiores impactos com as variações de temperaturas da superfície do oceano pacífico na linha do equador. Se a temperatura do mar eleva-se acima do normal nessa região do pacífico, as chuvas são mais intensas sobre o estado. Por outro lado, se a temperatura fica abaixo dos valores médios, a escassez do recurso hídrico é constante.

Essa relação pôde ser observada entre os anos de 1997 e 1998, último episódio de El Niño, quando os volumes pluviométricos foram elevados em Santa Catarina. Já entre os anos de 1998 e 1999, o clima foi marcado por uma forte estiagem e pelo frio fora de época, devido ao La Niña. Em 2000, o ano começou com incidência do La Niña, mas já no outono não se percebeu mais os efeitos desse fenômeno climático.

O ano de 2001 apresentou fase de normalidade climática do fenômeno El Niño, caracterizando-se por temperaturas mais elevadas que a média, com um verão mais quente e um inverno ameno. Não houve registro de períodos prolongados de chuva e a umidade do ar apresentou-se mais baixa, com episódios de estiagem e distribuição irregular das chuvas.

Num desses períodos de precipitação elevada o reservatório da UHE Machadinho, com previsão de armazenamento em 120 dias, foi completamente preenchido em cerca de 34 dias, em virtude de uma cheia ocorrida em outubro de 2001. As vazões afluentes da ordem de 16.000 m<sup>3</sup>/s exigiram a abertura das comportas do vertedouro para descarregar parte desse volume de água. Cabe ressaltar que a vazão máxima (média mensal) observada no período histórico de 1931 a 1994 ocorreu em julho de 1983, com valor de 6.917 m<sup>3</sup>/s.

Após a implantação da UHE Machadinho não foram observadas variações significativas nas condições climáticas da região, apenas poucas alterações no microclima local em decorrência de mudanças no comportamento de algumas variáveis, especialmente de temperatura e umidade do ar. A formação do lago gera superfícies líquidas que causam uma atmosfera mais úmida, temperatura máxima mais baixa e mínima mais elevada. Essas alterações poderão ser observadas nos quilômetros mais

próximos às bordas do reservatório, não afetando, porém, a população residente nas comunidades da região.

### **6.7.1.2 Condições hidrossedimentológicas**

As observações das condições hidrossedimentológicas na fase de implantação da UHE Machadinho foram executadas pelas empresas RTK Consultoria Engenharia de Recursos Hídricos e Meio Ambiente e Flow Engenharia. Na fase operacional, estão sob a responsabilidade da EPAGRI/CIRAM e Flow Engenharia.

Entre os objetivos desses registros, destaca-se o acompanhamento da contribuição de sedimentos ao reservatório da UHE Machadinho, obtido mediante a observação sistemática de seis estações – três localizadas no Rio Pelotas: Passo Socorro, Pedro Overa e Machadinho Jusante; duas situadas no Rio Canoas: Passo Caru e Passo Canoas, e uma no Rio Inhandava, em Paim Filho.

A operação da rede de observações hidrossedimentológicas iniciou-se durante a construção da Usina, com estudos específicos de controle do processo de erosão marginal e assoreamento, antes e logo após o enchimento, e acompanhamento periódico no entorno do lago e a jusante da Usina. Com essas análises obteve-se a evolução do processo sedimentológico no reservatório da UHE Machadinho. Os monitoramentos que foram realizados na fase operacional demonstraram que a UHE Machadinho não apresentou problemas relativos à deposição de sedimentos. Além de suas condições específicas, este reservatório está protegido pelos reservatórios a montante, como Campos Novos, no rio Canoas, e Barra Grande, no rio Pelotas.

### **6.7.1.3 Monitoramento e controle da estabilidade dos taludes marginais**

As atividades deste subprograma foram concluídas em 2006. A coordenação e análise dos dados foram realizadas pela empresa Progeo – Consultoria de Engenharia Ltda. e a inspeção a campo e a coleta de dados pela empresa Arquegeo – Consultoria de Engenharia Ltda.

O enchimento e posterior operação de reservatórios modificam, ao longo do tempo, as características físicas e condições de contorno das encostas naturais localizadas em sua orla, inclusive cortes, aterros e fundações eventualmente implantados.

Os estudos da estabilidade dos taludes marginais, iniciados em dezembro de 2000, apontaram 12 áreas mais sensíveis, em uma faixa de 100 m a partir da cota 480 m. Não foram registrados vestígios de antigas ocorrências ou situações potenciais capazes de acarretar o súbito deslizamento de grandes volumes de material, que obstruiriam parcialmente o reservatório a jusante do evento ou gerariam pulsos de ondas com alturas significativas. Desse total, selecionou-se oito taludes naturais localizados perto da barragem, que foram submetidos ao monitoramento contínuo após enchimento do reservatório. A montante,

a estrutura geológica dos derrames basálticos, principalmente no contato entre basaltos ácidos e básicos, não favorece a gênese de encostas com grandes espessuras de solo.

O monitoramento dos taludes marginais prolongou-se até fevereiro de 2006, quando foi encerrado em decorrência de o reservatório estar apresentando maior estabilidade e em consequência de não ter sido constatada qualquer alteração. As medições topográficas realizadas com aparelho de nivelamento não indicaram tendências de movimentação dos maciços monitorados, sinalizando a estabilidade dos taludes. Atualmente, são realizadas inspeções visuais periódicas dos taludes marginais, por meio de fiscalização ambiental e sociopatrimonial da Usina.

#### **6.7.1.4 Acompanhamento das condições sismológicas**

O acompanhamento das condições sismológicas na fase de implantação da UHE Machadinho e, atualmente, na fase operacional, está sob a responsabilidade do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).

O estudo sismológico consiste no monitoramento das atividades sísmicas naturais e induzidas na área de influência do reservatório de Machadinho. Ao todo, foram instaladas cinco estações – quatro em Itá e uma em Machadinho –, pouco antes do enchimento de Itá. Assim que o lago foi completado, algumas das estações foram transferidas para a região de Machadinho.

A rede sismológica é dotada de estações digitais triaxiais no entorno do empreendimento, com registros das características sismológicas da área, antes, durante e após o enchimento do reservatório. Isso permite avaliar a distribuição espaço-temporal e o tamanho dos sismos, quando ocorrerem, para caracterizar a sismicidade.

Os eventos apresentaram uma maior atividade durante a fase de enchimento do lago seguida de uma diminuição, sugerindo uma estabilização que coincide com o enchimento do reservatório na sua cota de operação. A magnitude e a intensidade máxima para a série de eventos que ocorreram na fase de enchimento do reservatório não excederam dois graus na Escala Richter e três na Escala Mercalli, níveis não significativos, classificados como microtremores ou tremores fracos.

A ocorrência desse tipo de atividade sísmica em áreas próximas aos lagos formados pela construção da barragem é considerada normal, pois decorrem do “ajuste do terreno” em função da percolação da água. Os estudos mostram que sismos com essa ordem de magnitude e intensidade não provocam danos às construções civis da barragem, nem à população local. Os efeitos são semelhantes à passagem de um caminhão na rua, provocando trepidações em portas e janelas, seguidas dos respectivos ruídos.

#### **6.7.1.5 Monitoramento das águas subterrâneas**

O monitoramento das águas subterrâneas na fase de implantação da UHE Machadinho e, atualmente, na fase operacional, está sob a responsabilidade das empresas Progeo Consultoria de Engenharia Ltda., Socioambiental Consultores Associados

**O acompanhamento das condições sismológicas na fase de implantação da UHE Machadinho e, atualmente, na fase operacional, está sob a responsabilidade do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo (IPT).**

Ltda. e Ecolabor, responsáveis pelas análises laboratoriais. O objetivo desse programa foi sinalizar uma eventual degradação e recomendar providências para otimizar a utilização dos recursos hídricos subterrâneos eventualmente afetados pelo reservatório, assim como monitorar a evolução espacial e temporal das reservas e da qualidade dos aquíferos.

Antes do enchimento da UHE Machadinho foram feitas 12 campanhas com frequência mensal, analisando-se, além da qualidade mineralógica da água, a presença de substâncias como bicarbonato, cloretos e sódio. Para complementar esse trabalho, foi firmado um Convênio de Cooperação Técnica com o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), a fim de monitorar o comportamento e as características dos aquíferos antes, durante e após a formação do reservatório.

Tanto para os níveis e vazões, como de qualidade da água, os resultados foram considerados normais. Na avaliação para os poços frios, a qualidade da água atende às exigências de qualidade para o consumo humano e poucos poços estão sendo explorados além da capacidade de auto-sustentação do aquífero.

Quanto aos poços termais, a qualidade da água dos poços que atravessam ou captam parte das reservas ascendentes do Arenito Botucatu vem confirmando significativa melhora. Este programa tem contribuído para a troca de informações entre a UHE Itá, a UHE Machadinho e os núcleos comunitários.

Os estudos realizados no período de 1999 a dezembro de 2006 demonstraram que os objetivos do monitoramento foram atingidos de maneira satisfatória, tendo sido atendida, de uma forma geral, a qualidade da água nos poços sob influência da UHE Machadinho, localizados nos pontos apresentados na figura 6.6.

Os parâmetros analisados para a determinação da qualidade da água dos poços, segundo Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, de 25/3/2004 são mencionados na tabela a seguir.

Tabela 6.24

### Parâmetros analisados na qualidade da água subterrânea

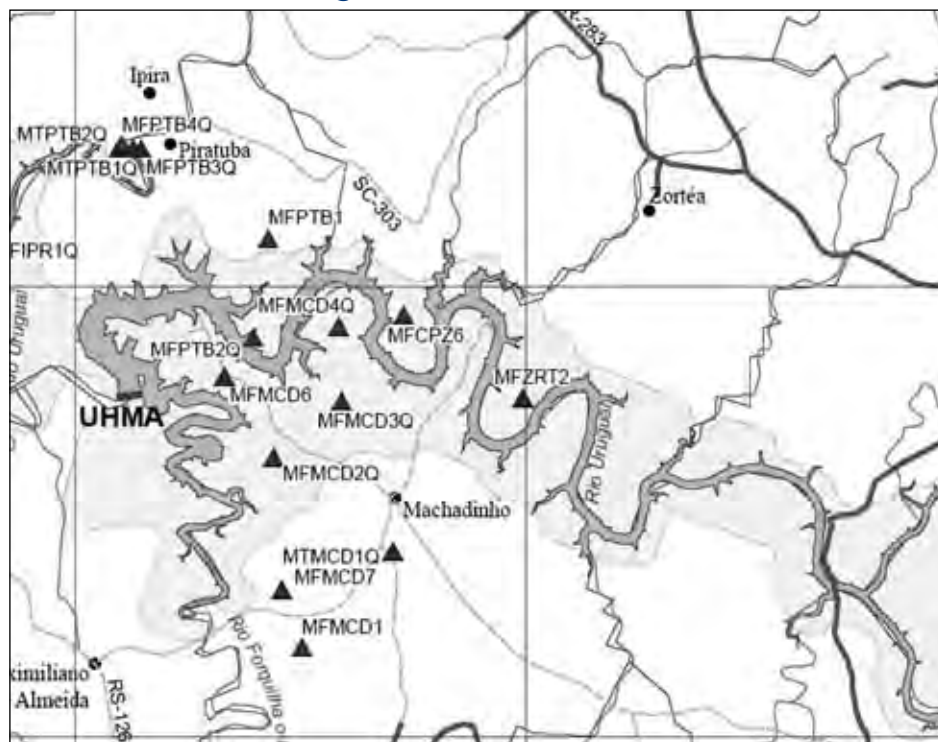
Alcalinidade CO <sub>3</sub>	Cloretos
Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	Condutividade elétrica
Alcalinidade OH	Dióxido de carbono
Alcalinidade	Dureza total
Amônia total	Fenol
Coliformes totais	Nitritos
Coliformes fecais	Nitratos
Cálcio	Ortofosfatos
Ferro total	pH
Fluoretos	Potássio
Magnésio	Sílica
Turbidez	Sólidos dissolvidos totais
Temperatura	Sulfatos
	Sulfetos

Fonte: Ministério da Saúde, Portaria N.º 518/2004

As características observadas tanto para os poços frios quanto para os poços termais não decorreram da formação do reservatório. Nos períodos em que houve aumento da precipitação na bacia ocorreu o alteamento dos níveis dos poços, evidenciando a influência das condições climáticas sobre a disponibilidade das águas subterrâneas.

Figura 6.6

### Monitoramento das águas subterrâneas



#### 6.7.1.6 Monitoramento das águas superficiais

O monitoramento das águas superficiais na fase de implantação da UHE Machadinho e, atualmente, na fase operacional, está sob a responsabilidade da Socioambiental Consultores Associados Ltda.

De acordo com os objetivos desse monitoramento, foram realizadas coletas sistemáticas de amostras no campo para determinação de variáveis físicas, químicas e biológicas em águas superficiais, sedimento de fundo e tecido muscular de peixe. As ações visaram abranger quatro fases: construção, pré-enchimento e enchimento, estabilização e acompanhamento extensivo.

Os resultados das análises realizadas nas fases 1 e 2 demonstraram, por exemplo, menos interferência da matéria orgânica submersa na qualidade final das águas comparada às interferências de outras fontes poluentes, situadas na bacia de contribuição do lago.

O monitoramento que se seguiu ao enchimento do reservatório procurou caracterizar a evolução espacial e temporal da qualidade da água, assim como do ponto



**A análise dos dados da UHE Machadinho permite concluir que a água superficial do reservatório pode ser classificada como ótima ou boa.**

de jusante e principais tributários, buscando-se avaliar as respostas desses efeitos integrados que ocorrem na área de contribuição.

A análise temporal dos dados na fase de operação da UHE Machadinho, permite concluir por uma boa qualidade da água superficial do reservatório, prognosticando-se uma situação mais favorável. De acordo com os resultados obtidos nos índices IQA, todos os pontos receberam classificação ótima ou boa.

#### **6.7.1.6.1. Localização dos monitoramentos**

O monitoramento das águas superficiais envolve um conjunto de 11 pontos, sendo cinco localizados no reservatório e seis em seus tributários. No reservatório são coletadas amostras em três profundidades (superfície, meio e fundo) e nos tributários somente na superfície, conforme ilustra a figura 6.7.

Ambiente	Profundidade	Nº pontos	Estações de coleta
Reservatório	Três profundidades • superfície • meio • fundo	5	P03, P04, P06, P07 e P08
Tributários	Um profundidade • superfície	6	P01, P02 P05, P09, P10 e P12

Fonte: Consórcio Machadinho/Tractebel Energia, março 2007

#### **6.7.1.6.2. Frequência**

São feitas análises físico-químico-bacteriológicas reduzidas (grupo básico e nutrientes) mensalmente no reservatório e tributários. As análises mais completas, visando a avaliação de um grupo de parâmetros mais específicos são feitas semestralmente. Todos os meses são feitas análises biológicas de fitoplâncton no reservatório, e no restante da bacia contribuinte essas análises são trimestrais.

Tabela 6.25

**Parâmetros e pontos amostrados de qualidade da água**

Ambiente	Frequência	Parâmetros físico-químico-bacteriológicos (FQB)	Parâmetros biológicos	Nº pontos	Estação de coleta	Aplicação de índices
Reservatório	Mensal	FQB-mensal	Fitoplâncton	5	P3, P4, P6, P7 e P8	IQAR, ICF, IET, IB e IL
	Trimestral	-	Zooplâncton	5	P3, P4, P6, P7 e P8	ICZ
			Macroinvertebrados	1	P3	-
	Semestral	FQB-semestral	-		5	P3, P4, P6, P7 e P8
Sedimentos		3			P3, P6 e P7	-
Tributários	Bimestral	IQA Plus Parâmetros-reduzidos	-	6	P1, P2, P5, P9, P10 e P12	IQA, IET e IB
	Trimestral	-	Fitoplâncton Zooplâncton Macroinvertebrados	5	P1, P2, P5, P9 e P10	ICF
	Semestral	FQB-semestral	-	5	P1, P2, P5, P9 e P10	IQAR, IET, IB e IL

Fonte: Consórcio Machadinho/Tractebel Energia, março 2007

IQA: Índice de Qualidade da Água

IQAR: Índice de Qualidade da Água de Reservatórios

IET: Índice de Estado Trófico

ICF: Índice de Comunidade Fitoplantônica

ICZ: Índice de Comunidade Zooplantônica

IB: Índice de Balneabilidade

IL: Índice de Corrosividade de Langalier

**6.7.1.6.3. Parâmetros**

A seleção dos parâmetros analíticos da qualidade da água foi determinada em função do acompanhamento sistemático das espécies químicas e hidrobiológicas, além da aplicação dos índices que avaliam os efeitos conjuntos na qualidade da água e identificam os processos de eutrofização e da proliferação de cianobactérias (toxicidade).

Tanto para o reservatório quanto para os tributários são realizadas, mensalmente, campanhas com parâmetros reduzidos (grupo básico + nutrientes) e bateria de parâmetros completos, a cada seis meses. Os parâmetros de metais mesmo sendo realizados semestralmente foram reduzidos em mais de 50%. Os principais índices analisados são:

- ♦ Qualidade da água: IQAR e IQA.
- ♦ Estado trófico: IET.
- ♦ Balneabilidade: IB.
- ♦ Comunidades Aquáticas: ICF e ICZ.
- ♦ Corrosividade: Índice de Langalier.

A tabela 6.26 descreve os parâmetros amostrados.

Tabela 6.26

**Descrição dos parâmetros amostrados**

Ambiente	Freqüência	Parâmetros	Descrição
Reservatório	Mensal	Físico-químico-bacteriológico mensal (FQB-mensal)	Temperatura do ar, temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, condutividade, potencial redox, alcalinidade total, dureza total, transparência – secchi, turbidez, sólidos suspensos, sólidos totais, sólidos dissolvidos, ortofosfato, fósforo total, nitrogênio total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, clorofila a, DBO <sub>5</sub> , DQO, coliformes fecais (superfície), coliformes totais (superfície), óleos e graxas (superfície), metais (alumínio, ferro total e ferro dissolvido).
	Semestral	Físico-químico-bacteriológico semestral (FQB-semestral)	Além dos parâmetros previstos no FQB-mensal mais os seguintes: cloretos, cor, fenol, cádmio, cobre, cromo e mercúrio.
		Sedimentos	Granulometria (1/2 phi), matéria orgânica, fósforo total, nitrogênio total, Fe, Al, Zn, Pb, Cr, Cd, Cu e Hg.
Tributários	Bimestral	IQA plus	Temperatura do ar, temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, Eh, condutividade, transparência, turbidez, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais, fósforo total, ortofosfato, nitrogênio total, nitrato, NH <sub>3</sub> , clorofila-a, DBO e coliformes fecais.
		Parâmetros reduzidos	Temperatura do ar, temperatura da água, oxigênio dissolvido, ph, condutividade, transparência, fósforo total e nitrogênio total.
	Semestral	Físico-químico-bacteriológico semestral (FQB-semestral)	Além dos parâmetros previstos no FQB-mensal mais os seguintes: cloretos, cor, fenol, cádmio, cobre, cromo e mercúrio.

Fonte: Consórcio Machadinho/Tractebel Energia, março 2007

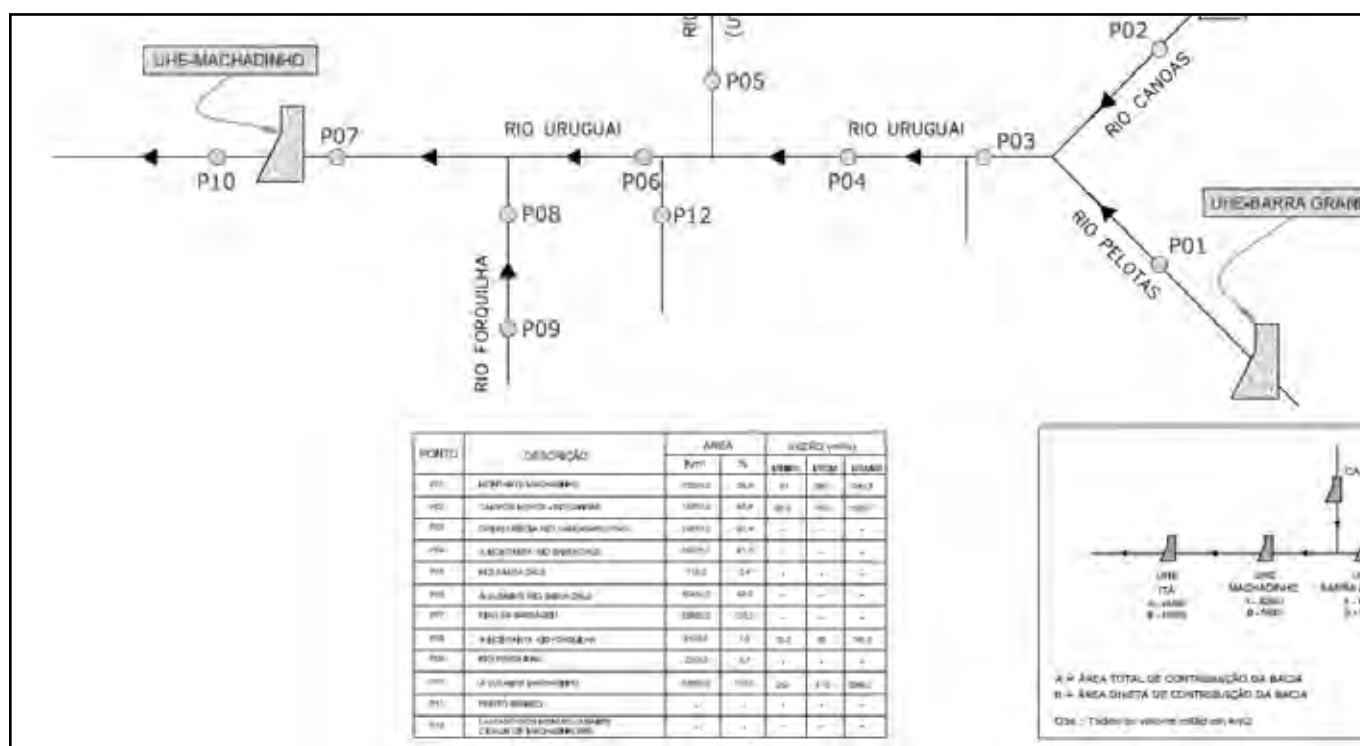
**6.7.1.6.4 Estado da qualidade da água no reservatório e tributários**

Ainda não se constata a estabilidade limnológica entre os pontos, ocorrendo variabilidade da qualidade da água sazonalmente motivada em muitos casos em forma de pulsos hidrometeorológicos causados pelo regime fluvial intenso do reservatório, diferente de outros reservatórios com grandes áreas alagadas e pouco encaixados, como pode-se observar nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil.

A qualidade da água observada nos tributários tem se mostrado variável pelos usos das bacias de contribuição (como urbano e agropecuário), onde as cargas orgânicas reproduzem efeitos na qualidade da água.

Figura 6.7

## Localização dos pontos monitorados de águas superficiais



### 6.7.1.7 Acompanhamento e controle de macrófitas

O acompanhamento e o controle de macrófitas na fase de implantação da UHE Machadinho e, atualmente, na fase operacional, está sob a responsabilidade da ECO/Safe – Agricultura e Meio Ambiente. O reservatório de Machadinho encontra-se em região bastante acidentada, levando à formação de uma represa encaixada, com poucas margens rasas e com elevada profundidade média do corpo hídrico.

Pelas condições orográficas da área inundada, sem uma intensa atividade antrópica não haveria, em conseqüência, eutrofização importante que, associada às características morfométricas, viesse a proliferar plantas flutuantes as quais dependem basicamente da coluna d'água. O monitoramento da área de inundação do reservatório de Machadinho ocorreu desde o início das obras de construção da barragem, sendo visitados todos os corpos hídricos e áreas inundadas.

Não foi constatada a ocorrência de qualquer planta aquática problemática no pós enchimento do reservatório. Todas as populações detectadas antes do enchimento do reservatório foram eliminadas, visando evitar futuras fontes de propágulos.

Em caso de qualquer ocorrência observada pelas equipes técnicas de fiscalização do reservatório, faz-se a retirada imediata mediante controle mecânico, com revolvimento do sedimento e descarte da biomassa.

### **6.7.1.8 Ações integradas de conservação do solo e da água, saneamento rural e fomento à produção agropecuária**

Durante o período de construção da Usina, por meio do convênio para implementação do programa Ações Integradas de Conservação do Solo e da Água, Saneamento Rural e Fomento à Produção Agropecuária, foram executados projetos para minimizar a perda de solo agrícola, reduzir a poluição de origem animal e doméstica e minimizar o uso de agrotóxicos.

Para execução do projeto, foram firmados convênios com a EPAGRI e a EMATER com o objetivo de priorizar a prevenção do assoreamento e da contaminação do reservatório.

De forma geral, a contribuição poluidora da bacia incremental mostra-se pequena, pois os lajeados normalmente descem por uma sucessão de cascatas e corredeiras, o que oxigena e depura as suas águas. Não há indústrias que possam aportar substâncias poluentes. A qualidade da água resulta essencialmente das águas provenientes do rio Canoas e do rio Pelotas.

## **6.8 Gerenciamento do reservatório**

O grande potencial de aproveitamento de um reservatório em relação a sua área de influência torna necessária sua utilização de forma adequada. Além da geração de energia, pressupõe-se o uso múltiplo (econômico, cultural, recreativo etc.) e a conservação dos recursos naturais. Mas essa condição só pode ser conquistada depois de estabelecidas as normas de utilização do reservatório, compatibilizando-as com as diretrizes nacionais de gestão dos recursos hídricos definidas na legislação competente.

O Projeto Básico Ambiental (PBA) da Usina Machadinho concebeu o Programa de Gerenciamento do Reservatório, com objetivos e procedimentos metodológicos destinados à elaboração de um Plano Diretor do Reservatório. Esse plano, denominado Plano de Uso e Ocupação das Águas e do Entorno do Reservatório da UHMA (PLUS), foi elaborado entre dezembro de 2000 e maio de 2001, tendo sido encaminhado ao IBAMA para análise e aprovação. Devido ao fato de estarem em tramitação algumas alterações na legislação ambiental vigente, o IBAMA não analisou o relatório entregue e fez constar na Licença de Operação, emitida em 28 de agosto de 2001, a necessidade de redefinir a proposta do PLUS à luz de novas definições de ocupação, uso e preservação da faixa de entorno.

Tais orientações foram recebidas em julho de 2004, quando o IBAMA encaminhou um Termo de Referência – TR que indicava a adequação do texto já entregue ao disposto na Resolução CONAMA nº 302, de março de 2002, e a adoção de uma metodologia (propositiva) para a determinação e delimitação da Área de Preservação Permanente do Reservatório de Machadinho. Na época, por tratar-se de uma Usina já em operação, julgou-se necessário adequar a metodologia proposta no Termo de Referência à realidade da região, procedimento que foi devidamente aprovado pelo IBAMA.

**O potencial de aproveitamento de um reservatório em relação a sua área de influência torna necessária sua utilização de forma adequada.**

### 6.8.1 Gestão do uso e ocupação do lago e das margens

Para adequar a versão inicial do PLUS, foi finalizado e entregue ao IBAMA<sup>12</sup> o PCAU – Plano de Conservação Ambiental e de Usos da Água e do Entorno do Reservatório. A área de influência do PCAU está ilustrada na figura 6.8, a seguir.

Figura 6.8

#### Plano de conservação e uso do entorno do reservatório Área da Usina



#### 6.8.1.1 Objetivos

Dentre os objetivos estabelecidos pelo TR IBAMA/2004, o Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório deveria atender:

- ♦ Delimitação da Área de Preservação Permanente (APP) do reservatório.
- ♦ Estabelecimento de subsídios para a elaboração do Zoneamento Socioambiental do entorno do reservatório, a partir da análise e interpretação dos componentes ambientais locais.

<sup>12</sup> O PCAU foi entregue ao IBAMA em 15/1/2005.

**O PCAU atendeu às recomendações contidas na legislação ambiental e delimitou uma faixa, que circunda o reservatório, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, além de proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.**

### 6.8.1.2 Competências do empreendedor

Conforme a legislação, o empreendedor é responsável pela elaboração do plano ambiental de conservação e uso do entorno do reservatório artificial da UHE Machadinho. Cabe a ele também adquirir a Área de Preservação Permanente (APP) formada no entorno do reservatório. Nessas condições, o empreendedor deve zelar pela integridade da APP, na qualidade de proprietário e principal interessado na sua conservação, tendo em vista que o reservatório artificial somente existe em decorrência da implantação da Usina e que a APP destina-se, prioritariamente, à manutenção da qualidade da água do lago.

Apesar de ter elaborado um conjunto de proposições visando o zoneamento do lago e do seu entorno, a responsabilidade do empreendedor se limita à APP. Assim, o entorno do reservatório e da sua bacia incremental está fora de suas atribuições, sendo de responsabilidade dos órgãos ambientais (IBAMA, FATMA e FEPAM), do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), das prefeituras municipais, da Capitania dos Portos (Marinha do Brasil) e do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) – no caso de demandas para exploração de jazidas de cascalho, de areia ou de águas termais.

O limite territorial de atuação do empreendedor excede a APP quando ele estiver coordenando ações de educação ambiental ou quando forem registradas ocorrências que venham ou possam vir a prejudicar a saúde do lago.

Como responsabilidades correlatas, cabe ao empreendedor cumprir com as condições gerais e específicas constantes da Licença de Operação, tomar medidas de proteção à fauna, respeitar os termos da outorga de direito de uso de recursos hídricos e pagar a compensação financeira pelo aproveitamento dos recursos hídricos para geração de energia elétrica<sup>13</sup>.

Tendo em vista que o empreendedor é proprietário de uma área (de largura variável) em torno de todo o reservatório, qualquer acesso ao local depende da concessão de passagem por ele emitida. Essa concessão só deve ser fornecida àqueles projetos que não tragam prejuízos concernentes à qualidade da água e dos recursos naturais ali existentes.

O papel mais relevante no processo de ordenamento territorial contido no Plano Diretor (PCAU) cabe às prefeituras municipais, responsáveis pela formulação do planejamento para ocupação racional das bordas do lago (área a partir do limite da APP) e pela implantação da infra-estrutura básica necessária para essa finalidade.

### 6.8.1.3 Síntese do Plano

O PCAU atendeu as recomendações contidas na legislação ambiental e delimitou uma faixa, que circunda o reservatório, com a função ambiental de preser-

<sup>13</sup> A legislação indicada pode ser observada nos seguintes artigos e dispositivos legais: sobre a Licença de Operação (art. 10 da Lei nº 6938/81, art. 19, III do Decreto n.º 99.274/90 e Resolução nº 237/97 do CONAMA); Proteção à Fauna (art. 36 do Decreto-lei nº 221/67); Uso dos Recursos Hídricos (art. 15 da Lei nº 9.433/96); COFURH – Compensação Financeira pelo Uso dos Recursos Hídricos (Lei n.º 7.990/89). Ver apêndice.

var os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, além de proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

No âmbito do reservatório de Machadinho, a APP é composta por uma área marginal no entorno do reservatório, de largura variável com o mínimo de 30 m, atingindo em média 86,6 m, resultante da existência de ambientes de interesse para a preservação do lago.

A fim de subsidiar o zoneamento socioambiental do entorno do reservatório, foram delimitadas Unidades Ambientais Homogêneas (UAH) e definida a Área de Preservação Permanente, a partir dos atributos ambientais da região de influência da UHE Machadinho. Esses elementos ambientais foram analisados de acordo com suas potencialidades e fragilidades, visando qualificar as UAH e estabelecer um zoneamento, a cujas zonas correspondem os mesmos usos e restrições.

Da associação das potencialidades e fragilidades ambientais da região foram identificados três grupos de UAH:

**O zoneamento socioambiental do entorno do reservatório delimitou Unidades Ambientais Homogêneas (UAH) e definiu a Área de Preservação Permanente, a partir dos atributos ambientais da região de influência da Usina.**

#### **6.8.1.3.1 Preferenciais para preservação ambiental**

Unidades que por suas características relevantes (como remanescentes florestais de alto valor, pelo seu estado de conservação ou por formar abrigo ou corredores de fauna) necessariamente estariam inseridas na APP, constituindo uma área contínua, de largura variável e de proteção do reservatório.

#### **6.8.1.3.2 Preferenciais para recuperação e conservação dos recursos ambientais**

Unidades que incluíam os imóveis nos quais os atributos naturais se encontravam degradados em algum nível. Eram locais relevantes para conservação do solo ou proteção do reservatório, mas degradados por atividades antrópicas. Além disso, mostravam-se áreas frágeis, com incidência de processos de instabilização como erosões e escorregamentos. Nessas UAH, embora o uso do imóvel tenha sido mantido com restrições, recomendou-se a adoção de ações conservacionistas para recuperação dos recursos ambientais.

#### **6.8.1.3.3 Preferenciais para utilização socioeconômica**

Unidades constituídas por aqueles conjuntos de imóveis nos quais a permanência de moradores e de atividades econômicas existentes não conflitavam com as qualidades ambientais da região. Nessas unidades, as características dos atributos naturais não estavam comprometidas por esses usos. Assim, a condição em que essa ocupação se encontra não coloca em risco a qualidade do reservatório.

As alterações regionais que resultaram do tempo decorrido entre a elaboração dos dois planos exigiram a atualização das características das áreas de influência (direta e indireta) e a elaboração de um novo Prognóstico do Cenário Emergente, contendo:



- ♦ A disponibilidade de um novo imageamento de alta resolução e conseqüentemente de uma cartografia (ou imagens) de maior precisão e qualidade.
- ♦ As alterações ocorridas na infra-estrutura das áreas de influência indireta e direta quanto à malha viária estadual.
- ♦ As alterações na economia dos municípios lindeiros, destacando-se a duplicação das Indústrias Perdigão, em Capinzal, e a implementação das *Thermas de Machadinho*.
- ♦ A conclusão do Plano de Manejo do Parque Estadual de Espigão Alto.
- ♦ A possibilidade de elaboração de um inventário detalhado das potencialidades turísticas vinculadas ao lago, a partir das facilidades de acesso decorrentes do enchimento dele.
- ♦ A alteração da tipologia de usuários das águas termais.
- ♦ Os resultados, já mensuráveis, da produção de erva-mate no município de Machadinho, a partir do uso de mudas extraídas da Cambona IV, após melhoramentos genéticos introduzidos.

O objetivo principal do Plano foi maximizar as novas oportunidades de uso advindas da formação do reservatório, quer isoladas ou associadas com outras pré-existentes, propondo a partir do zoneamento a adoção de dispositivos de proteção e recuperação ambiental capazes de garantir a sustentabilidade da região, sobretudo da área de influência direta.

Para facilitar o seu uso, o PCAU foi dividido em diversos volumes associados a materiais avulsos e anexos, entre os quais destacam-se: diagnóstico sintético das regiões de influência direta e indireta, cenário emergente, manejo ambiental, geração da identidade do lago, responsabilidades institucionais, incremento das receitas dos municípios lindeiros, subsídios à educação ambiental, legislação incidente, ecoturismo, travessias, cachoeiras, navegação lacustre, trilhas ecológicas e cartografias (convencional e náutica).

O PCAU analisou as novas potencialidades turísticas da região, de forma associada àquelas já exploradas, destacando os atrativos naturais visitáveis a partir do lago (cachoeiras, paredões e grutas). Entre esses pontos foram destacados os balneários freqüentados pela população da região, a potencialidade de acesso e visitação das cachoeiras, além do conhecido passeio no trem do tipo maria-fumaça, que desde 2003 serve às cidades de Piratuba e Marcelino Ramos. À locomotiva foram acoplados um vagão-restaurant e mais cinco composições para atendimento à crescente demanda de turistas.

Das cachoeiras citadas no Plano, comentou-se sobre a cascata do Passo do Bertiollo, no rio Inhandava, entre os municípios de Machadinho e Maximiliano de Almeida, situada junto à histórica Casa de Pedra, considerada um local importante de lazer da população da sede municipal de Maximiliano.

Outra cachoeira – designada nesse trabalho de *Espraiada* – é bastante visitada

em virtude de sua localização privilegiada – situa-se a 100 m da BR-470 e a mesma distância da vila da Celesc (junto à PCH Ivo Silveira), próxima à ponte sobre o rio Pelotas. São três cascatas sucessivas no rio Santa Cruz: a Espraiada, a do Meio e a do Arco-Íris.

Em Machadinho foram destacadas a cascata e a gruta do Tigre. Além desses dois pontos de visitação, há a cascata e gruta (caverna) do Brechó – situadas na localidade de Salete, em Celso Ramos –, cujo acesso foi facilitado pela prefeitura municipal. A caminhada até o local da furna, a meia altura da cachoeira, poderá ser feita a partir do reservatório. Essa visitação também está incluída no roteiro das cachoeiras da Usina Campos Novos.

Além dos temas abordados, a cartografia elaborada foi proposta para servir a diversas finalidades e organizada a partir dos principais temas: Cartografia geral, Cartografia do Zoneamento de Usos (cada conjunto contém 15 cartas) e a Cartografia Referencial de Apoio à Navegação (composta de 22 cartas, destacando a barragem e a localização das saídas de emergência ou de acesso com os respectivos sistemas viários do entorno).

Depois de analisado pelo IBAMA, o PCAU é objeto de consultas públicas na região, conforme regulamentação vigente<sup>14</sup>. Após a discussão com a comunidade do entorno, o plano é aprovado.

### 6.8.2 Gerenciamento atual

Em maio de 2001, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) determinou às concessionárias a elaboração de Planos de Gestão Sociopatrimonial<sup>15</sup> para os Reservatórios de Usinas Hidrelétricas, visando manter as condições de sustentabilidade necessárias para a continuidade normal da geração de energia.

O principal objetivo dessa determinação era implantar um domínio efetivo sobre o patrimônio imobiliário vinculado às hidrelétricas. Essa gestão deveria incluir ainda a formulação de mecanismos para viabilizar os diversos usos advindos da formação do reservatório, considerando “o desenvolvimento, o crescimento e as concentrações urbanas em suas regiões lindeiras”. Segundo a ANEEL, o Plano deveria também prever mecanismos de atualização, a partir de monitoramentos periódicos, e ser aplicado a reservatórios com área total superior a três quilômetros quadrados.

Com a implantação da UHE Machadinho e sua entrada em operação, o Consórcio Machadinho e a empresa operadora Tractebel Energia implementaram as determinações da agência reguladora, desenvolvendo o Plano de Gestão Ambiental e Sociopatrimonial (PGASP), que contém conceitos, diretrizes e proce-

**O Consórcio Machadinho e a empresa operadora, a Tractebel Energia, implementaram as determinações da agência reguladora, desenvolvendo o Plano de Gestão Ambiental e Sociopatrimonial (PGASP), que contém conceitos, diretrizes e procedimentos para gestão dos reservatórios das usinas sob sua operação, entre elas a UHE Machadinho.**

<sup>14</sup> Resolução CONAMA nº 302, de 20/3/2002, Art. 4º, §2º “A aprovação do plano ambiental de conservação e uso do entorno dos reservatórios artificiais deverá ser precedida da realização de consulta pública (...) informando-se ao Ministério Público com antecedência de 30 dias da respectiva data”.

<sup>15</sup> Ofício ANEEL 212/2001, de 29/5/2001.

dimentos para gestão dos reservatórios das usinas sob sua operação, entre elas a UHE Machadinho.

Os dois planos elaborados, PCAU e PGASP, têm em comum o princípio básico de garantir o uso múltiplo do reservatório (econômico, cultural, recreativo etc.) aliado à conservação dos recursos naturais. Cabe ressaltar, no entanto, que o PCAU, como um instrumento de planejamento territorial e ambiental, deve ser aprovado pelos órgãos competentes, em especial pelo IBAMA, e ser implementado pelas prefeituras municipais da área de influência da UHE Machadinho. As principais diferenças entre os dois planos dizem respeito à abrangência e aos objetivos essenciais, sobretudo pelo fato do PCAU decorrer do atendimento à legislação ambiental (Resolução CONAMA 302/2002) e o PGASP de normas do setor elétrico, impostas pela sua agência reguladora (ANEEL).

Dessa forma, o PCAU trata das áreas afetadas direta ou indiretamente pela UHE Machadinho e visa maximizar os usos potenciais do reservatório, compatíveis com os ecossistemas existentes, mediante a proposição de um zoneamento das áreas do lago, da APP e seu entorno. O PGASP, por sua vez, é um plano de gestão ambiental, de interesse do próprio empreendedor na sustentabilidade de sua atividade, com ação nas áreas sob sua propriedade, mas com todo o comprometimento social envolvido. Isso significa que a gestão ambiental acaba por refletir o interesse da sociedade expresso no sistema legal que envolve e regulamenta o exercício da atividade empresarial específica.

### 6.8.2.1 A gestão ambiental da UHE Machadinho

Executados os compromissos relativos à implementação das medidas pertinentes à fase de construção e enchimento do reservatório, seguem-se as exigências a serem cumpridas na fase de operação do empreendimento. Entre essas obrigações destacam-se as que se caracterizam como os principais objetos de um plano de gestão ambiental: prevenção da degradação das qualidades da matéria-prima – água em quantidade e qualidade adequadas à atividade industrial do empreendedor –, prevenção de danos e acidentes ambientais e recuperação de áreas degradadas.

Dessa forma, a gestão ambiental estará implementando ações necessárias à manutenção da qualidade do ecossistema preexistente e, sempre que possível, buscando sua melhoria. Outras medidas poderão ser tomadas por iniciativa do empreendedor, em decorrência do aprimoramento do processo de gestão, da qualidade dos ajustes em função do controle de concessões e outorgas incidentes sobre as hidrelétricas e das decisões advindas de sua penetração no mercado.

Nesse sentido, foi significativa a inserção dos instrumentos de gestão ambiental no processo de licenciamento ambiental. O IBAMA determinou, entre outras recomendações, o estabelecimento de critérios para agilizar e simplifi-

**A gestão ambiental implementa as ações necessárias à manutenção da qualidade do ecossistema preexistente e, sempre que possível, busca sua melhoria.**

car os procedimentos de licenciamento ambiental “das atividades e empreendimentos que implementem planos e programas voluntários de gestão ambiental, visando a melhoria contínua e o aprimoramento do desempenho ambiental”<sup>16</sup>. Cabe ressaltar que uma vez implantado o empreendimento a sua operação continua sujeita ao licenciamento ambiental, cuja renovação é exigível a períodos que podem variar entre um e dez anos, a critério do poder público licenciador, nos termos da lei.

De acordo com a ANEEL, o Plano de Gestão Sociopatrimonial deve identificar ações corretivas e preventivas no âmbito da UHE Machadinho, a partir de um diagnóstico da situação do reservatório, margens e ilhas até a poligonal envoltória das áreas adquiridas pelo empreendedor. Assim, as ações corretivas compreendem os procedimentos adotados para garantir a maximização da vida útil do reservatório, com a preservação de suas margens e da qualidade da água, assim como a retirada de invasores e coibição de usos inadequados e ocupações clandestinas das áreas de propriedade da concessionária ou de servidão junto ao reservatório. As ações preventivas, por sua vez, abrangem a inspeção ambiental e patrimonial, com os respectivos procedimentos de fiscalização; os convênios com os órgãos públicos, entidades privadas e demais parceiros, e o relacionamento e comunicação com a sociedade.

Dos instrumentos utilizados pela gestão ambiental do empreendimento destacam-se os monitoramentos e controles constantes, a avaliação periódica e a promoção da conscientização da população usuária dos recursos naturais.

#### **6.8.2.1.1 Monitoramentos e controles**

Ferramentas essenciais ao processo de gestão ambiental, os monitoramentos permitem a leitura das variáveis que compõem o sistema de gerenciamento do reservatório, possibilitando a adoção de medidas corretivas destinadas a assegurar as melhores condições ambientais ao longo de sua vida útil.

Após o enchimento do reservatório, diversos monitoramentos continuaram a ser realizados. Alguns por tempo determinado após o enchimento do reservatório (ictiofauna, monitoramento de fauna e flora, estabilidade dos taludes marginais) e outros que deverão ocorrer por toda a vida útil do reservatório, em intervalos predeterminados ou em caráter permanente (qualidade das águas superficiais e subterrâneas, macrófitas aquáticas, climatologia, sismologia, condições hidrossedimentológicas e hidrometeorológicas).

#### **6.8.2.1.2 Ocorrências extraordinárias**

Além dos monitoramentos e controles contínuos, foram traçados planos para ação na ocorrência de fatos imprevisíveis, motivados por acidentes ou de forma aleatória,

<sup>16</sup> Resolução CONAMA Nº 237, de 19/12/1997, Art. 12, §3º

**O Consórcio Machadinho implantou um sistema de monitoramento ambiental e sociopatrimonial da UHE Machadinho, composto por um sistema de imagens por satélite, alimentado por um banco de dados.**

em qualquer área do lago, em áreas marginais ou ainda em áreas de influência indireta da bacia de drenagem lateral do reservatório.

Esses planos de contingência serão atendidos pela equipe técnica da Usina, que, quando necessário, acionará demais profissionais habilitados para solucionar o problema ocorrido, como bombeiros, patrulheiros rodoviários e profissionais de saúde.

#### **6.8.2.1.3 Relacionamento com a sociedade**

O Consórcio Machadinho desenvolve várias atividades destinadas a estimular a participação efetiva das comunidades para discussão de questões relacionadas ao uso das águas e do entorno do reservatório. Exemplo disso são as ações de educação ambiental realizadas e a abertura para visitação das instalações da UHE Machadinho – visitas técnicas ou meramente turísticas. Essas atividades visam estabelecer uma convivência harmoniosa e proativa do Consórcio Machadinho com a população e autoridades locais.

Durante a etapa de implantação, também foi permitida a visitação à parte das áreas da obra da Usina, resguardando-se as condições de segurança, com o objetivo de fornecer informações e esclarecimentos à comunidade do entorno.

#### **6.8.2.2 A gestão patrimonial da UHE Machadinho**

A gestão das áreas de propriedade do Consórcio Machadinho segue as recomendações da ANEEL e trata desde a situação documental dos imóveis sob responsabilidade do empreendedor até sua vigilância. O objetivo é evitar, controlar ou sanar problemas como invasões, abertura de acessos ao lago e desmatamentos, entre outros.

##### **6.8.2.2.1 Fiscalização ambiental e sociopatrimonial**

A atividade de fiscalização ambiental e sociopatrimonial é o principal instrumento da gestão patrimonial no âmbito da UHE Machadinho. Um dos procedimentos utilizados para garantir essa gestão são as vistorias realizadas semanalmente por terra e por água, sob responsabilidade de equipes técnicas treinadas. Nessas vistorias, são identificadas e registradas as ocorrências para providências posteriores.

Em apoio à fiscalização, o Consórcio Machadinho implantou um sistema de monitoramento ambiental e sociopatrimonial da UHE Machadinho, composto por um sistema de imagens por satélite (QuickBird), alimentado por um banco de dados. Esse sistema, denominado Geoweb, foi estruturado pela junção de plantas cartográficas, levantamentos aerofotogramétricos, informações das propriedades envolvidas e imagens digitalizadas dos processos documentais dos imóveis. A adoção do sistema agiliza a identificação das propriedades com invasões ou irregularidades ambientais que possam interferir na qualidade da operação da Usina.

#### 6.8.2.2 Sinalização da UHE Machadinho

Conforme os princípios da gestão ambiental da UHE Machadinho, em relação aos aspectos de segurança patrimonial e ambiental, foi desenvolvido um sistema de sinalização composto por placas informativas de orientação na área da Usina, em seus pontos estratégicos. Parte das informações contidas nas placas teve origem ainda na etapa de implantação da Usina, quando foi necessário o direcionamento do fluxo de veículos às obras, assim como medidas de segurança na área de construção e entorno. As imagens no anexo fotográfico ilustram a comunicação aplicada nesse período.

O sistema de informação atual visa orientar a identificação de áreas externas da usina, do ambiente, dos acessos a setores do reservatório, além de divulgar ações de controle ambiental a serem seguidas, como cuidados com a flora e a fauna.

### 6.9 Comunicação Social

A implantação da UHE Machadinho, num perímetro de 508 km<sup>(17)</sup>, abrangeu parcialmente áreas de dez municípios, gerando um significativo interesse pela obra, refletido na movimentação de pessoas e veículos na área.

A fim de criar mecanismos de comunicação e interação com a sociedade da região, a MAESA traçou um plano que tinha como públicos-alvo a população diretamente abrangida, as autoridades constituídas, as lideranças políticas e comunitárias e a sociedade regional como um todo – diretamente ou por meio de seus diversos segmentos organizados.

Integraram esse plano os subprogramas Relacionamento com a Sociedade e Educação Ambiental, que forneceram subsídios aos demais programas de implantação da UHE Machadinho. Além disso, buscou-se o nivelamento de informações sobre o empreendimento no âmbito interno da MAESA, considerando que os trabalhadores envolvidos nas atividades tinham contato direto com a população, formando um importante meio de comunicação.

<sup>17</sup> A título de comparação, a distância linear entre os centros urbanos de Florianópolis (SC) e Porto Alegre (RS) perfaz cerca de 469 km, exatos 39 km a menos que a envoltória da UHE Machadinho.

Figura 6.9

**Material de comunicação – Prevenção de acidentes com animais peçonhentos**

PREVENÇÃO DE ACIDENTES COM ANIMAIS PEÇONHENTOS

## CUIDADO!! EVITE ACIDENTES!!



**COBRAS, ARANHAS e ESCORPIÕES**

São animais peçonhentos. Possuem dentes, garras ou ferrões capazes de injetar veneno e podem causar acidentes graves ou até mesmo morte.



**Jararaca Urutu Cruzaina Jararaca de Rabo Branco**

São as que mais provocam acidentes. Vivem em lugares úmidos, pedregosos e em sítios de galhos.



**Escorpião**

São insetos agressivos. Vivem em lugares úmidos, pedregosos e certos abertos.



**Tatuari**

A maioria dos animais peçonhentos ataca principalmente do joelho para baixo ou as mãos. Portanto, é obrigatório usar luvas e botas.



**Coral**

Vivem escondidos em tocas e abrigo de troncos caídos. Não costumam atacar, mas possuem o veneno mais perigoso.

**O que FAZER em caso de picadas**

- Chame imediatamente o técnico de segurança;
- Evite movimentos, procure ficar em repouso;
- Mantenha levantada a parte do corpo atingida;
- Limpe cuidadosamente o local da picada;
- Dirija-se a um hospital;
- Procure identificar o animal causador da picada.

**O que NÃO FAZER em caso de picadas**

- Não amarrar o local atingido. Não faça tomiquetes;
- Não faça cortes no local da picada;
- Não faça uso de remédios caseiros como sachaça, querosene, pó de café, folhas ou qualquer outro que não seja indicado por um profissional especializado.

Figura 6.10

**Material de comunicação – Informe sobre preservação da fauna**

MAESA INFORMA

Começou a retirada das árvores da área aonde vai se formar o lago da Usina Hidrelétrica Machadinho.

Com o desmatamento, os animais estão procurando novos abrigos. A Maesa preservou áreas de mata específicas para este manejo.

Caso você veja algum animal silvestre **NÃO MATE. NÃO PRENDA. NÃO CAÇE.**

Avise imediatamente a Equipe de Salvamento de Fauna e Flora da Maesa.

Telefones:

Maesa em Piratuba: (0\*\*49) **553.0555** ramal **334**

Base de Salvamento de Flora e Fauna em Machadinho: (0\*\*54) **551.1111**

Base de Salvamento de Flora e Fauna em Barracão: (0\*\*54) **356.1163**

AJUDE-NOS A PRESERVAR OS ANIMAIS!!!!

**Usina Hidrelétrica  
Machadinho**



**MAESA**  
Machadinho Energética S.A.

Figuras 6.11 e 6.12

**Material de comunicação – Programa de Educação Ambiental**



## Faixa Ciliar do Reservatório da Usina Hidrelétrica Machadinho

**O que isto tem a ver com você?**

A faixa ciliar tem este nome porque funciona que nem os cílios que nós temos ao redor dos olhos. As árvores da mata servem para proteger a água assim como os pêlos dos cílios protegem o olho. É por isso que o nome é faixa ciliar.

Para proteger a água do futuro lago (reservatório) da Usina Hidrelétrica Machadinho, a Maesa está plantando a mata que vai formar a faixa ciliar. É uma área de preservação permanente de vegetação (segundo o Código Florestal Federal Lei 4771/65) que serve para:

- 

Diminuir a erosão na margem do reservatório, o carreamento de agrotóxicos e a matéria orgânica das propriedades vizinhas. Facilita a infiltração da água da chuva no solo.
- 

A faixa ciliar funciona como um filtro para as impurezas que seriam levadas para o reservatório. É entre as árvores que ficam depositados os restos das enchurradas e acidentes ocorridos em locais mais altos.
- 

A faixa ciliar auxiliará na formação da nova margem do lago, fixando-a; evitando pequenos desmoronamentos da margem e que a água fique suja, o que pode prejudicar a vida do reservatório da UHE Machadinho.
- 

A faixa ciliar contribuirá para alimentação de animais silvestres. Inclusive para os peixes que povoarão o reservatório.
- 

A faixa ciliar permitirá uma agradável sensação aos usuários do reservatório.
- 

A faixa ciliar será um importante corredor biológico, por onde os animais poderão migrar e reproduzir-se em áreas de mata maiores, já adquiridas pela MAESA.
- 

A faixa ciliar do lago da UHE Machadinho terá 500 quilômetros de extensão ao redor do lago. Serão plantadas 1.224 mudas de espécies nativas por hectare.

**O BNDES está nessa obra.**

## Usina Hidrelétrica Machadinho

Programa de **EDUCAÇÃO AMBIENTAL**  
Resgate e Preservação de **FAUNA E FLORA**



**Semana do Meio Ambiente**  
**05 a 09 de junho de 2000**



Figura 6.13

## Material de comunicação – Informações de plantio



 **MAESA**  
Machadinho Energética S.A.

Eu sou uma muda de  
uma grande árvore.  
A partir de agora vou  
fazer parte da  
sua vida.  
Se você me plantar  
e cuidar de mim  
com carinho, vou saber  
retribuir.  
Em breve, vou te  
dar sombra,  
muito oxigênio,  
além de frutos.

**Siga  
passo a  
passo as  
instruções  
de plantio**

- Abra uma cova quadrada de 30x30cm e 30cm de profundidade;
- Misture a terra que foi retirada com o adubo orgânico, em medidas iguais, e preencha a cova até a metade;
- Enterre as minhas raízes sem deixá-las expostas, fora da terra;
- Crave no solo, ao meu lado, uma estaca;
- Amarre-me nesta estaca com uma fita plástica para que o vento não me derrube;
- Complete o enchimento da cova com terra, soque o solo ao meu redor com as mãos;
- Nos primeiros dias, principalmente em época de seca, eu preciso de muita água, por isso molhe bastante o solo ao meu redor;
- A cada quatro meses preciso de vitaminas. Por favor, me alimente com adubo orgânico curtido;
- E lembre-se: o inverno é a melhor época para me plantar por causa da chuva.

A Mãe Natureza agradece.

Uma campanha:  
 **MAESA**  
Machadinho Energética S.A.

Programa de Educação Ambiental  
Usina Hidrelétrica Machadinho

Apoio  
Prefeitura Municipal de Piratuba  
Escola Sócio-Ambiental

### 6.9.1 Relacionamento com a sociedade

Esse subprograma visou estabelecer um processo contínuo de troca de informações entre a comunidade e o empreendedor, em especial pela divulgação das políticas e ações adotadas, relativas à mitigação e à compensação dos impactos causados pelo empreendimento.

A oferta de informações, por parte do empreendedor, sobre ações destinadas à recomposição física e socioeconômica das áreas afetadas pela implantação da Usina resultou no engajamento das comunidades atingidas na discussão dos procedimentos, levando aos distintos acordos entre as partes. Muitas das diretrizes e critérios adotados nessa fase já estavam relativamente acordados desde o final de 1987, quando a Eletrosul acordou, junto aos movimentos sociais, a política de remanejamento e deslocamento da população atingida pelas futuras barragens que seriam implantadas na região<sup>18</sup>.

Apoiado em um banco de dados, contendo o cadastro da população e propriedades afetadas, foi aberto um canal de comunicação para esclarecimento de dúvidas sobre procedimentos adotados em cada fase do cronograma de implantação do empreendimento. Reuniões periódicas foram realizadas nas comunidades abrangidas, em escolas e junto às administrações municipais e lideranças políticas e comunitárias, com palestras a respeito de assuntos de interesse inerentes ao empreendimento. Destacam-se, nesse contexto, as reuniões com segmentos organizados da sociedade e com os órgãos governamentais que atuavam na região, que tiveram papel determinante no processo de negociação envolvendo indenizações, compensações ou na implementação das ações socioambientais do empreendimento.

#### 6.9.1.1 Divulgação das informações

O estabelecimento de um processo contínuo de troca de informações só poderia ser obtido mediante a divulgação correta dos eventos relativos à UHE Machadinho. Para tanto, foram utilizados vários veículos de comunicação, como:

- ♦ Programa de rádio, veiculado nas diversas emissoras da região, com notícias sobre o empreendimento e informações de interesse dos atingidos.
- ♦ Visitas técnicas e sociais aos locais das obras, assim como às futuras áreas de remanejamento, sempre buscando responder aos questionamentos da comunidade.
- ♦ Utilização da mídia impressa da região, por meio de *releases* ou informes publicitários pagos, sempre que houve informações relevantes a serem divulgadas.
- ♦ Confeção de fôlderes informativos sobre as ações em andamento, como as relativas ao remanejamento da população e às demais medidas de monitoramento e controle ambiental executadas, além de procedimentos de prevenção de acidentes com animais peçonhentos e doenças, entre outros.
- ♦ Edição de boletins periódicos com informações sobre o empreendimento, especialmente aquelas de maior interesse para a população abrangida.

**Reuniões periódicas foram realizadas nas comunidades atingidas, em escolas e junto às administrações municipais e lideranças políticas e comunitárias, com palestras a respeito de assuntos de interesse inerentes ao empreendimento.**

<sup>18</sup> Sobre este acordo, ver item 6.1.1 — Remanejamento da População Rural

- ♦ Edição de documentos técnicos ou de conteúdo geral destinados à publicação de informações sobre a Usina ou recursos naturais estudados, como o Caderno Técnico Usina Hidrelétrica Machadinho, a União da Energia, as Árvores do Reservatório da UHE Machadinho – especialmente indicado para alunos e professores de escolas da área de abrangência do reservatório da Usina – e o calendário com a Mostra da História e da Cultura – Usina Hidrelétrica Machadinho – Ano 2001.

### **6.9.1.2 Centro de Atendimento ao Visitante (CAV)**

Durante a implantação da Usina, a MAESA construiu e operou um centro para informações dirigidas à população da região, localizado no município de Piratuba, pelo qual procurou divulgar os principais eventos durante o processo construtivo e demais orientações à comunidade. Nesse local foi realizada grande parte das palestras e reuniões técnicas e sociais.

No salão principal do CAV foi instalada uma maquete da UHE Machadinho e dispostos cartazes ou banners explicativos das obras. Equipes de plantão revezavam-se para oferecer as informações necessárias sobre o andamento das obras e os acordos estabelecidos entre o empreendedor e a comunidade envolvida.

Após o encerramento das obras da UHE Machadinho, a MAESA doou à prefeitura municipal de Piratuba o antigo CAV, para que pudesse operá-lo como um ponto central de difusão de informações turísticas do município e da região. O local passou a ser chamado de Central de Informações Turísticas (CIT) e serve tanto para indicação dos inúmeros passeios turísticos oferecidos na região, quanto para organização de visitas à Usina por grupos interessados em conhecer o empreendimento.

### **6.9.1.3 Realização e patrocínio de eventos na região da UHE Machadinho**

A MAESA colaborou intensamente com a realização de eventos e festas populares na região abrangida pela Usina. Entre as atividades realizadas na região destacaram-se: Semana do Meio Ambiente, Dia do Agricultor (Barracão), Dia do Biólogo (Piratuba), Festchêmate (Machadinho), Dia do Pinhão (Barracão) Exposição de Flores do Alto Uruguai, Lançamento do Roteiro Turístico da UHE Machadinho (Piratuba e Machadinho), Festa do Cinquentenário do município de Piratuba, Quadragésimo do município de Machadinho, Evento na Paróquia São Paulo Apóstolo (Celso Ramos), Festa do porco à paraguaia e do chope na lona (Maximiliano de Almeida), Festival de Arte e Cultura (Machadinho), Segunda Expofeira do Comércio, Indústria e Artesanato (Barracão) e o Segundo Fecapi – Festival da Canção (Piratuba).

Além dessa participação, a MAESA contribuiu no patrocínio de eventos como campanha da coleta de lixo (Piratuba), camisetas Dia da Cidadania (Zortéa), camisetas, feiras e Encontro Municipal da Mulher (Ipira), indumentárias gaúchas para grupo de dança (Maximiliano de Almeida) e uniformes para bandas municipais (Barracão

e Anita Garibaldi). Outra iniciativa nesse sentido foi a doação de cestas básicas para habitantes de vários municípios da região.

Tabela 6.27

### Principais ações de comunicação

193	Programas veiculados semanalmente em 13 emissoras de rádio da região.
31	Fôlderes e nove audiovisuais sobre o andamento da obra e implantação dos programas ambientais.
104	<i>Realeses</i> enviados aos veículos de comunicação.
28	Meses de funcionamento do CAV em Piratuba (SC), além da participação em eventos municipais e visitas às escolas com o CAV-Móvel.
33.217	Visitantes no CAV.
6.522	Reuniões realizadas no CAV.

## 6.9.2. Educação ambiental

A educação ambiental está baseada num processo de transformação do indivíduo, com vistas à formação de uma consciência social e ecológica, dentro dos preceitos de conservação e preservação ambiental.

Essa compreensão da conservação e preservação gera uma atuação cada vez mais comprometida com o equilíbrio ambiental e a vida em grupo, mudando atitudes e gerando multiplicadores das ações reconhecidas como “ambientalmente corretas”. Fazem parte desse grupo desde as atitudes pessoais em que se evitam desperdícios e se utilizam os recursos naturais de forma racional – o consumo da água é o caso mais emblemático – até ações adotadas pelo conjunto da sociedade, manifestas pela proteção dos recursos naturais em prol das gerações atuais e futuras.

Para cumprir com os objetivos do programa de educação ambiental são empreendidas ações que capacitem o indivíduo ao pleno exercício da cidadania, por meio da formação de uma base conceitual abrangente, técnica e culturalmente capaz de permitir a superação dos obstáculos à utilização sustentada do meio. O direito à informação e o acesso às tecnologias capazes de viabilizar o desenvolvimento sustentável constituem um dos pilares desse processo de formação de uma nova consciência.

Dessa forma, durante o processo de implantação da UHE Machadinho, o empreendedor buscou integrar e democratizar as informações à população direta e indiretamente envolvida e formular, junto à comunidade, soluções para as questões ambientais, a fim de promover a melhoria da qualidade de vida dessa população. Assim, as ações desenvolvidas tiveram como princípio sensibilizar as comunidades atingidas pelo reservatório da UHE Machadinho a respeito da necessidade de conservação e proteção dos recursos naturais.

A educação ambiental está baseada num processo de transformação do indivíduo, com vistas à formação de uma consciência social e ecológica, dentro dos preceitos de conservação e preservação ambiental.

Figura 6.14

## Material de comunicação – Educação ambiental



**Conheça algumas ações de preservação ambiental do Consórcio Machadinho junto à Usina Hidrelétrica Machadinho:**

**Educação ambiental:** nas escolas da região o Consórcio Machadinho mantém o Programa de Educação Ambiental, no qual mudas de plantas são distribuídas aos alunos, que plantam e pesquisam a espécie. Também são realizadas palestras educativas sobre meio ambiente.

**Monitoramento da água e do clima:** através de uma rede de estações climatológicas instaladas na região do reservatório é feita a coleta de dados e o registro do comportamento do clima local. A vazão e a qualidade da água também são constantemente verificadas.

**Fiscalização ambiental e socio-patrimonial:** estas atividades abrangem, além da área do reservatório, a Área de Preservação Permanente e os remanescentes, e buscam zelar a sua ocupação de forma regular e legal, evitando crimes e danos ambientais e propiciando o desenvolvimento natural da taxailiar plantada ao longo do perímetro do lago.

**Projeto de Ictiofauna:** realizado em conjunto com a UFSC, realiza estudo e pesquisa de espécies migradoras do Rio Uruguai, visando o reaproveitamento de peixes no seu habitat natural.

**Participe dos pedágios e distribuição de mudas**

<b>Paratiba</b> Dia 2 de junho - terça-feira Pedágio com distribuição de mudas: às 10h de fevereiro. Distribuição de mudas (aberto a todos): Casa de Meio Ambiente, antiga Casa do Pequeno.	<b>Maximiliano de Almeida</b> Dia 6 de junho - segunda-feira Pedágio com distribuição de mudas: em frente à Prefeitura Municipal.
---	--

### 6.9.2.1 Ações desenvolvidas

As ações previstas no Programa de Educação Ambiental na área de abrangência da UHE Machadinho foram desenvolvidas a partir da caracterização qualitativa do sistema educativo dos municípios e executadas em duas linhas: educação formal e educação não-formal, destacando-se as seguintes iniciativas:

- ♦ Elaboração de materiais para cursos de formação de professores em educação ambiental, incluindo fôlderes e cartilhas.
- ♦ Constituição de equipes para cursos de educação ambiental.
- ♦ Implantação do Centro de Educação Ambiental de Espigão Alto, localizado no município de Barracão.
- ♦ Cursos de técnicas profissionalizantes, sobretudo agrícolas, e de educação ambiental para alunos da Escola Socioambiental, localizada em Piratuba. Essa escola<sup>19</sup> é dotada de estruturas físicas e humanas ideais para realização de treinamentos, cursos, palestras e práticas educativas.
- ♦ Convênios com diversas universidades para administração de cursos a professores da região, entre as quais destacam-se: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões (URI) – Campus de Erechim/RS, Sociedade para Proteção da Vida Selvagem (SPVS) – Curitiba/PR, Universidade de Passo Fundo (UPF/RS).
- ♦ Campanhas educativas, palestras, minicursos e seminários de educação ambiental junto às comunidades e diversas associações.
- ♦ Acompanhamento dos projetos junto às secretarias municipais de Educação.
- ♦ Utilização das festas e eventos regionais para potencializar as ações de educação ambiental.

Participação, com entrega de camisetas do desfile de Sete de Setembro, no município de Piratuba, e demais eventos de educação ambiental.

### 6.9.2.2 Ações integradas a outros programas

O subprograma de educação ambiental foi desenvolvido de forma integrada aos seguintes programas: Remanejamento da População, Apoio ao Migrante, Recomposição das Áreas da Obra, Preservação do Patrimônio Histórico e Arqueológico, Conservação da Flora e da Fauna, Ações de Fomento à Produção Agropecuária, além do próprio Programa de Relacionamento com a Sociedade. Essa inter-relação propiciou a produção de material de melhor qualidade, mais abrangente, veiculado em cursos e palestras realizados na região.

**Entre abril de 2006 a março de 2007, estiveram envolvidos diretamente nas atividades de educação ambiental 674 professores e 6.536 alunos das diversas escolas da região.**

<sup>19</sup> Esse imóvel foi construído pelo empreendedor para acomodar uma das unidades do Viveiro Municipal e núcleo de salvamento de animais silvestres, que serviu de base para a empresa Bourscheid executar os programas de resgate e salvamento da flora e da fauna na área afetada pela UHE Machadinho. Posteriormente à implantação da Usina, o empreendedor doou o imóvel ao município, equipando-o para a constituição da Escola Socioambiental, fundada com o objetivo de atender crianças carentes e envolvê-las em tarefas teóricas e práticas sobre meio ambiente.

Cabe destacar também a participação das secretarias de Educação de vários municípios, assim como secretarias de Agricultura, Meio Ambiente e Turismo municipais na associação para alguns trabalhos conjuntos, destinados ao fomento de técnicas agrícolas e de conservação ambiental.

As iniciativas produzidas nesse subprograma trouxeram significativa contribuição às escolas e entidades da região, de tal forma que, na fase seguinte, quando a UHE Machadinho iniciou sua operação comercial, o Consórcio Machadinho deu continuidade às atividades de educação ambiental, buscando desenvolver projetos específicos, especialmente com a população de sua área limdeira. Os temas mais solicitados para as palestras versaram sobre a importância da qualidade da água, faixa ciliar, bosque de árvores nativas e reciclagem.

### **6.9.2.3 Os números do subprograma de educação ambiental**

O subprograma de educação ambiental atual da UHE Machadinho é executado pelo Centro de Divulgação Ambiental e abrange os dez municípios limdeiros à UHE Machadinho.

Nesses cinco anos de operação da UHE Machadinho foram proferidas anualmente palestras e cursos em escolas e comunidades para centenas de professores e milhares de alunos. Apenas como referência, no período de abril de 2006 a março de 2007, estiveram envolvidos diretamente nas atividades de educação ambiental 674 professores e 6.536 alunos das diversas escolas da região.

Foram trabalhados diversos temas, dentre os quais, citam-se: a importância das árvores e o plantio de mudas, preservação e recomposição de matas ciliares, caminhadas em trilhas, implantação do bosque de árvores nativas e importância da qualidade da água.

Foi firmado um convênio com o Centro de Educação Ambiental, da ONG Selva, no município de Barracão, constituída por uma organização não-governamental formada por nove professores estaduais da comunidade de Espigão Alto, que receberam bolsas de estudos de especialização, custeadas pela MAESA, como compensação por perdas de alunos na fase de implantação.

O Centro de Educação Ambiental é equipado por um auditório, laboratório, alojamento e cozinha, com disponibilidade de sediar a realização de atividades teóricas e práticas, otimizando os cursos de capacitação para professores e crianças.

A proximidade do Centro de Educação Ambiental do Parque Estadual de Espigão Alto facilita os trabalhos e proporciona estudos do meio aos alunos da rede pública do município de Barracão e comunidades próximas.

São desenvolvidas atividades em parceria com a Escola Socioambiental de Piratuba, em continuidade aos cursos já realizados na fase de implantação da UHE Machadinho. No período de outubro de 2006 a março de 2007, as palestras trataram dos temas Projeto Bosque, importância da flora, harmonia ambiental e importância

da água, além dos trabalhos de campo.

Foram executados o plantio de espécies nativas, a formação de bosques nas escolas e cursos de capacitação voltados ao projeto Bosque de Espécies Arbóreas Nativas do Alto Uruguai.

Para apoio a essas atividades foram confeccionadas cartilhas, trazendo informações variadas, tais como, a espacialização da área física das escolas com suas respectivas áreas de bosque, relação de espécies plantadas no bosque, reconhecimento de espécies frutíferas existentes na comunidade e associação das figuras dos seus frutos com seus respectivos nomes.

Esse subprograma faz parte do plano de gestão ambiental da UHE Machadinho, pelo qual se integra aos demais programas de monitoramento e controle executados pelo Consórcio Machadinho.





## Memória fotográfica – Programas ambientais

### Remanejamento da população abrangida



Foto 1  
*Reassentamento Rural Coletivo Barracão III, Barracão (RS).*

Foto 2  
*Reassentamento Rural Coletivo de Campos Novos (SC).*



## Remanejamento da população abrangida



Foto 3  
*Antes, em Machadinho (RS).*

Foto 4

*Auto-reassentamento (Carta de Crédito). Depois, na Linha São Sebastião – Capanema (PR).*





Foto 5  
*Antes, em Machadinho (RS).*

Foto 6  
*Auto-reassentamento (Carta de Crédito). Depois, na Linha Espraiado – Paim Filho (RS).*



## Remanejamento da população abrangida



Foto 7  
*Antes, em Piratuba (SC).*



Foto 8  
*Auto-reassentamento (Carta de Crédito). Depois, em Linha Maratá, Piratuba (SC).*



Foto 9  
*Antes, em Celso Ramos (SC).*



Foto 10  
*Reassentamento Rural Coletivo. Depois, em Curitibaanos (SC).*



Foto 11  
*Antes, em Celso Ramos (SC).*



Foto 12  
*Reassentamento Rural Coletivo.  
Depois, residente em Curitibaanos (SC).*



Foto 13  
*Situação em janeiro de 2005, antes  
do gerenciamento da MAESA.*



Foto 14  
*Assentamento em Curitibaanos (SC).  
Situação em setembro de 2007,  
após o gerenciamento da MAESA.*

## Recomposição físico-territorial da área abrangida



Fotos 15 e 16

*Travessia sobre a barragem, construída pela MAESA, interligação entre os estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul.*



## Adequação da infra-estrutura de serviços e recomposição das áreas da obra



Foto 17  
*Recuperação de áreas degradadas da obra (canteiro).*



## Limpeza da bacia de acumulação



Foto 18, 19, 20 e 21  
*Atividades de  
limpeza da bacia  
de acumulação.*

## Preservação do patrimônio histórico-cultural, paisagístico e arqueológico



Fotos 22  
*Artesanato de palha de milho produzido em Lajeado Mariano, Piratuba (SC), janeiro de 2000.*

Foto 23  
*Produção de garapa para a fabricação de açúcar mascavo e rapadura. Linha Coqueiro, Machadinho (RS) – julho de 2000.*



Foto 24  
*Coleção de santos de um morador de Esmeralda (RS) – agosto de 1999.*



## Preservação do patrimônio histórico-cultural, paisagístico e arqueológico



Foto 25  
*Vasilha de cerâmica, com restos de enterramento humano, encontrada no sítio U 367, à margem do Rio Pelotas, no município de Maximiliano de Almeida (RS).*



Foto 26  
*Vasilha de cerâmica fraturada localizada no sítio U 458, no município de Piratuba (SC).*



Foto 27  
*Sítio arqueológico U 368 com ocupação pré-cerâmica datada de 900 +/- 50 anos A. P., no município de Maximiliano de Almeida (RS).*

## Conservação de flora e fauna



Foto 28  
*Pachyranphus castaneus*  
(caneleirinho) – Captura  
em rede de neblina para  
anilhamento.



Foto 29  
*Waglerophis*  
*merremi* (boipeva).  
Observação em  
transecto.



Foto 30  
Estação de Piscicultura  
de São Carlos (SC) –  
Dourado (*Salminus*  
*brasiliensis*).

Foto 31  
Equipe de  
remoção de  
vespas na área  
do reservatório.



Foto 32  
*Philander opossum*  
(cuica-de-quatro-  
olhos) – Captura em  
armadilhas médias para  
marcação e soltura.



## Conservação de flora e fauna



Foto 33 e 34  
*Resgate e produção de mudas de bromélias.*



Foto 35 e 36  
*Base Operacional de Piratuba (SC) e viveiro de mudas.*





Foto 37  
*Coleta de sementes de matriz de erva-mate Cambona IV, em Machadinho (RS).*



Foto 38  
*Alameda das araucárias no Parque Estadual de Espigão Alto – Barracão (RS).*

Foto 39

*Palestra de capacitação de técnicos que trabalharam nos programas ambientais.*



*Selo de Compensação Ambiental contemplado à MAESA pelo Governo do Rio Grande do Sul.*



## Monitoramento e controle



Fotos 40 e 41

*Monitoramento da qualidade da água do lago da UHE Machadinho.*



Fotos 42

*Cultivo de piracanjuba (*Brycon orbignyus*) no reservatório da UHE Machadinho.*



## Gerenciamento do reservatório



Foto 43  
*Parque Aquático Termas de Machadinho, construído pela MAESA.*



Foto 44  
*Uma das dezenas de cachoeiras, que poderá ampliar o potencial turístico da região, mediante a implementação do plano diretor do entorno do reservatório, pelas prefeituras locais.*



## Comunicação social



Foto 45  
*Plantio de mudas de árvores em atividade de educação ambiental.*

Foto 47  
*Evento de relacionamento com a comunidade.*



Foto 46  
*Portal da cidade de Piratuba.*







# CAPÍTULO 7

ORÇAMENTO

A implantação da Usina Hidrelétrica Machadinho teve um orçamento total a valores históricos de cerca de R\$ 1.149 milhões.

## 7.1 Orçamento de implantação

A implantação da Usina Hidrelétrica Machadinho teve um orçamento total a valores históricos de cerca de R\$ 1.149 milhões, conforme discriminado a seguir:

Tabela 7.1

### Orçamento da UHE Machadinho

Valores realizados	R\$ milhões
Obras civis	369
Montagem eletromecânica	39
Equipamentos	194
Projeto executivo	24
Serviços preliminares	14
Fornecimento MAESA	92
Seguros	8
Administração do proprietário	29
Meio ambiente	227
Despesas financeiras	155
Total	1.149

## 7.2 Financiamento

### 7.2.1 Custos do projeto

Os custos do projeto referem-se aos pagamentos decorrentes do contrato de construção, que seguiu a modalidade *Engineering, Procurement and Construction (EPC)*, e incluíram pagamentos por projeto, obras civis e equipamentos, assim como os custos da subestação blindada e isolada SF<sub>6</sub>. Além disso, foram registrados custos financeiros decorrentes dos financiamentos contratados para pagamento das obras de construção e dos custos pré-operacionais, incluindo prêmios de seguro da construção, custos administrativos e de manutenção da MAESA.

### 7.2.2 Recursos financeiros do projeto

Na etapa pré-operacional, os recursos para custear o projeto foram totalmente de responsabilidade da MAESA e seus acionistas e captados por meio de empréstimos obtidos junto ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), além de recursos próprios provenientes dos acionistas da MAESA e da emissão de debêntures pela MAESA.

### 7.2.3 Recursos dos acionistas da emissora

O montante total de recursos históricos aportados pelos acionistas da MAESA, na forma de subscrição de ações ordinárias, foi de R\$ 339,8 milhões.

## 7.2.4 Empréstimos do BNDES

O BNDES financiou parte dos recursos necessários à realização das obras. Ao todo, foram tomados R\$ 478,2 milhões em empréstimos do banco, incluindo os contratos definitivos do BNDES.

Para antecipar os recursos referentes ao empréstimo definitivo do BNDES, a MAESA assinou com os bancos repassadores, Itaú e Bradesco, os contratos de empréstimo-ponte indicados a seguir:

- ♦ Contrato de abertura de crédito mediante repasse de empréstimo contratado com o BNDES – empréstimo-ponte nº 018/2000 – IC, assinado em 11 de maio de 2000, no valor de R\$ 166 milhões.
- ♦ Contrato de financiamento mediante repasse de empréstimo contratado com o BNDES – empréstimo-ponte nº 065/2000 – IC, assinado em 13 de dezembro de 2000, no valor de R\$ 70 milhões.

O valor tomado por meio dos contratos acima, acrescido de juros, somava um montante de R\$ 253,46 milhões em 15 de agosto de 2001, quando foram liquidados os empréstimos-ponte. Nessa data, entraram os recursos provenientes do contrato de financiamento definitivo nº 01.2.333.3.1, firmado com o BNDES.

Esse contrato, no montante de R\$ 402 milhões, divide-se em três subcréditos, apresentando as seguintes características:

- ♦ Subcrédito A: no valor de R\$ 40 milhões sobre o qual incidem juros de 3,5% ao ano, acima da taxa variável reajustada trimestralmente – no dia 16 dos meses de janeiro, abril, julho e outubro. Essa taxa é calculada com base no custo médio ponderado de todas as taxas e despesas incorridas pelo BNDES na captação de recursos em moeda estrangeira. A amortização deve ser efetuada em 144 prestações mensais e sucessivas (principal e juros), sendo que a primeira venceu em 15 de fevereiro de 2003 e a última vencerá em 15 de janeiro de 2015.
- ♦ Subcrédito B: no valor de R\$ 311 milhões, sobre o qual incidem juros de 3,5% ao ano, acima da Taxa de Juros de Longo Prazo - TJLP. A amortização deve ser efetuada em 144 prestações mensais e sucessivas (principal e juros) – a primeira em 15 de fevereiro de 2003 e a última em 15 de janeiro de 2015.
- ♦ Subcrédito C: no valor de R\$ 51 milhões, atualizado anualmente pelo Índice Geral de Preços para o Mercado - IGP-M, sobre o qual incidirão juros de 12% ao ano. A amortização deve ser efetuada em 144 prestações mensais e sucessivas (principal e juros), de forma que o vencimento da primeira foi em 1º de fevereiro de 2003 e o da última será em 1º de janeiro de 2015.

**Na etapa pré-operacional, os recursos para custear o projeto foram captados por meio de empréstimos concedidos pelo BNDES, além de recursos provenientes dos acionistas da emissora e da emissão de debêntures.**

A primeira parcela do empréstimo do contrato definitivo nº 01.2.333.3.1, no valor de R\$ 295 milhões, foi liberada pelo BNDES em 15 de agosto de 2001. Parte desses recursos foi utilizada para quitação integral do principal e juros dos empréstimos-ponte (R\$ 253,46 milhões), e o restante foi depositado no caixa da MAESA.

Em 16 de novembro de 2001 foram liberados R\$ 69,91 milhões referentes à segunda parcela do empréstimo do Contrato Definitivo nº 01.2.333.3.1. A terceira parcela foi liberada em 18 de janeiro de 2002, no valor de R\$ 35,61 milhões.

O BNDES liberou, em 5 de março de 2002, um crédito suplementar referente ao contrato nº 02.2.068.4.1, no valor de R\$ 74 milhões. Remunerado pela cesta de moedas do BNDES, acrescido de juros de 5% ao ano, esse empréstimo também deve ser pago em 144 parcelas mensais, a primeira com vencimento em 15 de fevereiro de 2003 e a última em 15 de janeiro de 2015.

Os financiamentos contratados junto ao BNDES sob os números 01.2.333.3.1 e 02.2.068.4.1, nos valores de R\$ 402 milhões e R\$ 76,2 milhões, respectivamente, foram garantidos pelos intervenientes fiadores – nas seguintes proporções em relação à dívida: Hejoassu Administração Ltda. (*holding* Grupo Votorantim - 45,7413%), Alcoa Alumínio S/A (35,5308%), Valesul Alumínio S/A (11,4457%) e Camargo Corrêa S/A – CCSA (7,2822%). O montante devido pela MAESA ao BNDES em 31 de março de 2007, no longo prazo, importava em cerca de R\$ 417.993.100,00.

## 7.2.5 Emissão de debêntures

Em 1º de dezembro de 2000, a MAESA emitiu debêntures não-conversíveis em ações, no valor total de R\$ 320 milhões, com as seguintes características básicas:

- ♦ Valor nominal unitário: R\$ 10 mil, na data de emissão.
- ♦ Quantidade: 32.000 debêntures.
- ♦ Emissão: realizada em série única.
- ♦ Remuneração: juros remuneratórios, a partir da data de emissão, incidentes sobre o saldo do valor nominal. Esses juros foram estabelecidos com base na taxa média diária dos depósitos interfinanceiros denominada Taxa DI over extra grupo, acrescida da sobretaxa correspondente a um determinado percentual efetivo ao ano – base de 252 dias – de 0,43%.
- ♦ Obrigação adicional: pela escritura de emissão, as empresas Hejoassu, Alcoa, Valesul e CCSA obrigaram-se, perante os debenturistas, como fiadores e principais pagadores da emissora, nas seguintes proporções da totalidade do débito: Hejoassu (45,7413%), Alcoa (35,5308%), Valesul (11,4457%) e CCSA (7,2822%).
- ♦ Prazo e data de vencimento: 12 anos contados da data de emissão, vencendo-se, portanto, em 1º de dezembro de 2012.
- ♦ Repactuação: ocorreu em 1º de dezembro de 2004, com a divulgação pelo Conselho de Administração da MAESA das seguintes características das debêntures:

**Em 1º de dezembro de 2000, a MAESA emitiu debêntures não-conversíveis em ações, no valor total de R\$ 320 milhões.**

- Nova sobretaxa.
- Período de vigência da nova sobretaxa, que não poderia ser inferior a um ano.
- Data de nova repactuação: se houvesse, poderia ocorrer antes de um ano.
- Data de eventual resgate antecipado facultativo, que não poderia ser realizado antes de um ano.
- Demais disposições aplicáveis às debêntures.
- ♦ **Direito de venda:** os debenturistas que não aceitassem as condições da repactuação teriam o direito de venda ao BNDES de todas ou parte das debêntures de que são titulares.

Em 1º de dezembro de 2004, a MAESA repactuou as debêntures nas seguintes condições:

- ♦ **Nova sobretaxa:** 0,43 % a.a..
- ♦ **Período de vigência da nova sobretaxa:** se estenderia de 1º de dezembro de 2004 até 30 de novembro de 2008.
- ♦ **Data de nova repactuação:** 1º de dezembro de 2008 – os debenturistas que não aceitarem as condições de repactuação a serem fixadas em novembro de 2008 terão direito de vender ao BNDES todas ou parte das debêntures de que são titulares.
- ♦ **Data de eventual resgate antecipado facultativo:** a partir de 10 de dezembro de 2005.
- ♦ **Demais cláusulas:** manutenção das demais cláusulas da escritura de emissão.

O montante devido pela MAESA aos debenturistas em 31 de março de 2007, no longo prazo, importa em cerca de R\$ 184,9 milhões.

As debêntures foram emitidas com base nas deliberações da Assembléia Geral Extraordinária da Machadinho Energética S/A (MAESA), realizada em 21 de setembro de 2000, rerratificada pelas Assembléias Gerais Extraordinárias realizadas em 23 de novembro de 2000 e 13 de março de 2001, cujas atas foram arquivadas na Junta Comercial de Santa Catarina em 19 de outubro de 2000, 28 de novembro de 2000 e 15 de março de 2001, respectivamente, e publicadas no Diário Oficial de Santa Catarina e no Jornal Diário Catarinense em 26 de outubro de 2000, 1º de dezembro de 2000 e 16 de março de 2001, respectivamente. A emissão foi registrada na Comissão de Valores Mobiliários (CVM) em 29 de março de 2001 sob o nº CVM/SER/DEB/2001/020.

A figura 7.1 a seguir apresenta o anúncio do encerramento da distribuição das debêntures da MAESA publicado nos jornais, que mostra sinteticamente alguns dados da operação e dos aportes envolvidos.



Figura 7.1

## Anúncio do encerramento da distribuição das debêntures da MAESA

COORDENADORES

PARTICIPANTE ESPECIAL



Comunicam que foram subscritas e integralizadas 32.000 (trinta e duas mil) debêntures não conversíveis, subordinadas e nominativas, com valor nominal unitário de R\$ 10.000,00 (dez mil reais) em 1º de dezembro de 2000, referentes à série única da primeira emissão,

no montante de

**R\$ 320.000.000,00**

de emissão de

**Machadinho Energética S.A.**  
Rua Bocaiúva, 2.468 – 6º andar – 88015-460 – Florianópolis, SC  
Companhia Aberta – CNPJ nº 03.076.274/0001-52  
NIRE nº 42300024830 – ISIN nº BRMACHDBS011

**Classificação Standard & Poor's: br AA<sup>-</sup>**      **Classificação Moody's: Aa1.br**

Emissão deliberada e aprovada pela assembleia geral extraordinária dos acionistas de Machadinho Energética S.A. ("Emissora") realizada em 21 de setembro de 2000, revalidada pelas assembleias gerais extraordinárias realizadas em 23 de novembro de 2000 e 13 de março de 2001, cujas atas foram arquivadas na Junta Comercial do Estado de Santa Catarina em 19 de outubro de 2000, 28 de novembro de 2000 e 15 de março de 2001, respectivamente, e publicadas no "Diário Oficial do Estado de Santa Catarina" e no jornal "Diário Catarinense" em 26 de outubro de 2000, 1º de dezembro de 2000 e 16 de março de 2001, respectivamente. A emissão foi registrada na Comissão de Valores Mobiliários – CVM em 29/03/2001 sob o número CVM/SRE/DEB/2001/020.

**COORDENADORES**

**Banco Citibank S.A.** ("Citibank") – Coordenador Líder  
Av. Paulista, 1.111, 3º andar, 01311-920 - São Paulo - SP

**Banco Safra S.A.** ("Safra")  
Av. Paulista, 2.100, 19º andar, 01310-930 - São Paulo - SP

**Banco Votorantim S.A.** ("Votorantim") e,  
conjunto com Citibank e Safra, "Coordenadores")  
Av. Roque Petroni Jr., 999, 16º andar, 04707-910  
São Paulo - SP

**SUBCONTRATADO**

**Banco Sudameris de Investimento S.A.**  
Av. Eng. Luis Carlos Berini, 1.297, 3º andar, 04571-010 - São Paulo - SP

**AGENTE FIDUCIÁRIO**

**Pentágono S.A. Distribuidora de Títulos e Valores Mobiliários**  
Av. das Américas, 3.333, Grupos 307/B/9, 22531-003  
Rio de Janeiro - RJ

**BANCO MANDATÁRIO E ESCRITURADOR**

**Banco Itaú S.A.**  
Rua Boa Vista, 176, 01014-000 - São Paulo - SP

Consultor Financeiro:  

Direito de Venda:  

## 7.2.6 Pacote de garantias do financiamento do BNDES e das debêntures

Além das citadas garantias corporativas das debêntures e dos financiamentos contratados junto ao BNDES, fornecidas pelas empresas Hejoassu (45,7413%), Alcoa (35,5308%), Valesul (11,4457%) e CCSA (7,2822%), os contratos descritos a seguir foram dados em garantia, formando, junto com as garantias corporativas, o pacote de garantias dos financiamentos.

### 7.2.6.1 Contratos de arrendamento

Para possibilitar aos acionistas da emissora a exploração da UHE Machadinho, na proporção das respectivas participações na concessão, a MAESA – como proprietária de 83,06% dos ativos da UHE Machadinho – e cada um de seus acionistas – como titulares, coletivamente, de 83,06% da concessão – celebraram, em 1º de fevereiro de 2001, os contratos de arrendamento da fração ideal da UHE Machadinho correspondente à participação *pro rata* de cada acionista da emissora.

Pelo arrendamento da fração ideal da propriedade arrendada, cada acionista pagará à emissora um aluguel mensal pré-determinado, sujeito a descontos incondicionais mensais variáveis, correspondentes à diferença entre o aluguel e a necessidade de caixa da emissora. Esses recursos podem ser utilizados para o pagamento de todas as suas obrigações financeiras, tributárias, fiscais, previdenciárias e trabalhistas, em especial às relativas ao empréstimo concedido pelo BNDES e à escritura particular de emissão de debêntures não-conversíveis e subordinadas da primeira emissão da emissora, bem como todas as suas despesas operacionais.

Caso qualquer acionista da MAESA deixe de pagar o respectivo aluguel, os acionistas adimplentes serão obrigados a pagar, adicionalmente, pelo prazo de 90 dias consecutivos, contados a partir da data do vencimento, o valor correspondente às respectivas participações *pro rata* no aluguel devido pelo acionista inadimplente da MAESA a título de participação no pagamento devido.

Se, no prazo de 90 dias, o acionista inadimplente da MAESA sanar a dívida, mediante o pagamento dos aluguéis em atraso e respectivos encargos financeiros, o valor correspondente aos pagamentos interinos feitos pelos acionistas adimplentes, acrescido dos encargos financeiros, deve ser deduzido das suas parcelas seguintes de aluguel até a compensação integral. Caso o acionista inadimplente não saldar a dívida no prazo de 90 dias, os adimplentes têm direito a um crédito contra o acionista inadimplente. Esse crédito tem valor e proporção igual ao pagamento interino feito pelos acionistas adimplentes, acrescido dos respectivos encargos financeiros, a ser satisfeito em duas situações: quando da excussão dos direitos emergentes da concessão do acionista da MAESA inadimplente ou quando da substituição do acionista da MAESA inadimplente no Consórcio Machadinho, na concessão e na participação acionária da MAESA.

Para possibilitar aos acionistas da emissora a exploração da UHE Machadinho, a MAESA e seus acionistas celebraram, em 2001, os contratos de arrendamento da fração ideal da Usina correspondente à participação de cada acionista da emissora.

Cada contrato de arrendamento deve vigorar desde a data de sua assinatura pelas partes até o integral cumprimento das obrigações da MAESA, relativas às debêntures e ao empréstimo. A rescisão desse contrato pode ocorrer nas hipóteses de substituição de acionista da MAESA no Consórcio Machadinho e na concessão, e sua concomitante substituição na composição acionária, ou de falência, concordata ou declaração de insolvência de acionista da MAESA.

#### **7.2.6.2 Contratos de caução de direitos emergentes da concessão**

Como garantia do cumprimento de suas obrigações nos contratos de arrendamento, os acionistas da MAESA caucionaram todos os seus direitos emergentes da concessão em favor da MAESA, por meio da celebração, em 1º de fevereiro de 2001, dos contratos de caução dos direitos emergentes da concessão. Esse processo se deu conforme expressamente autorizado no artigo 28 da Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, no artigo 19, § 1º, do Decreto nº 2.003, de 10 de setembro de 1996, e na primeira subcláusula da cláusula quarta do contrato de concessão.

Para tais fins, constituem direitos emergentes da concessão os seguintes direitos, interesses e benefícios dos acionistas da emissora, derivados ou emergentes do contrato de concessão:

- ♦ Cota de energia e potência asseguradas dos acionistas da MAESA na UHE Machadinho.
- ♦ Todas as receitas de venda da cota de energia e potência asseguradas dos acionistas da MAESA na UHE Machadinho.
- ♦ Qualquer valor acaso devido aos acionistas da MAESA a título de indenização decorrente de extinção da concessão.
- ♦ Todos os demais direitos, sejam tangíveis ou intangíveis, que possam ser caucionados nos termos do contrato de concessão e da lei.

**Como garantia do cumprimento de suas obrigações nos contratos de arrendamento, os acionistas da MAESA caucionaram todos os seus direitos emergentes da concessão em favor da MAESA.**

Em caso de inadimplência por qualquer acionista da MAESA, por mais de 90 dias, de qualquer das obrigações de pagamento por ele assumidas no contrato de arrendamento, a MAESA deve exercer os direitos decorrentes da caução dos direitos emergentes da concessão, com vistas a realizar as receitas necessárias à satisfação de suas obrigações, em especial as relativas às debêntures e ao empréstimo. Isso se dará pela venda amigável da cota de energia e potência asseguradas do acionista da MAESA inadimplente na UHE Machadinho. A venda deve obedecer à ordem seguinte: à Tractebel; aos acionistas adimplentes da MAESA, nos termos dos contratos de compra e venda de energia abaixo descritos; a terceiros. Assim, a MAESA passa a comercializar energia, conforme já autorizado pelo Ofício nº 002/2000-SCG/ANEEL, de 14 de janeiro de 2000.

Os valores recebidos pela MAESA, por meio da venda citada acima, devem ser destinados, primeiramente, à quitação da dívida do acionista inadimplente em re-

lação ao aluguel. Caso haja sobra, a MAESA pode efetuar os seguintes pagamentos, em ordem de prioridade:

- ♦ Reembolso dos acionistas adimplentes pelos valores pagos a título de obrigação de pagamento interino, acrescidos dos encargos financeiros.
- ♦ Reembolso dos outros acionistas da MAESA pelos valores pagos a título de responsabilidade pela diferença, devidamente atualizada, conforme previsto nos contratos de compra e venda de energia.
- ♦ Reembolso dos fiadores dos empréstimos e dos fiadores das debêntures pelos valores por eles eventualmente pagos a título de fiança, devidamente atualizados, na hipótese de inadimplência da MAESA nos empréstimos e/ou na escritura de debêntures, em decorrência de inadimplência do acionista da MAESA no contrato de arrendamento e/ou no contrato de compra e venda de energia. Os recursos que por ventura restarem após os pagamentos citados acima serão entregues pela emissora ao acionista inadimplente da MAESA.

Na hipótese de os valores apurados com a execução dos direitos emergentes da concessão não serem suficientes para saldar os débitos do acionista inadimplente da MAESA acima descritos, o saldo devedor remanescente será deduzido dos valores a serem pagos ao acionista inadimplente da emissora por ocasião de sua substituição no Consórcio.

Cada contrato de caução dos direitos emergentes da concessão deve vigorar a partir da data de sua assinatura e permanecer em vigor até o cumprimento integral das obrigações assumidas pela MAESA com relação às debêntures e ao empréstimo, ou a substituição do respectivo acionista da emissora no Consórcio e na concessão - com a substituição do mesmo na participação acionária da MAESA.

### 7.2.6.3 Contratos de compra e venda de energia

A emissora e cada um dos acionistas da MAESA celebraram, em 1º de fevereiro de 2001, os contratos de compra e venda de energia. Tais contratos tinham como objetivo a comercialização do equivalente à participação *pro rata* dos acionistas da MAESA na energia e potência asseguradas correspondentes às cotas dos acionistas inadimplentes da emissora na UHE Machadinho.

Pela energia e potência asseguradas, os acionistas da MAESA pagarão o valor equivalente à sua participação *pro rata* em cada uma das obrigações de pagamento dos acionistas inadimplentes, nos termos dos contratos de arrendamento - pelo prazo remanescente desses contratos -, passando a ter direito às correspondentes parcelas de energia e potência asseguradas antes de titularidade do acionista inadimplente da MAESA.

Dessa forma, na hipótese de inadimplência superior a 90 dias, por parte de qualquer acionista em relação às obrigações previstas no contrato de arrendamento, a MAESA, executando a caução dos direitos emergentes da concessão do acionista

**Os acionistas da MAESA podem optar por vender – ou requerer à MAESA que venda diretamente a terceiro – a energia e potência asseguradas.**

inadimplente, pode vender a energia e a potência asseguradas pertencentes a ele. Esse fato é possível devido aos contratos de compra e venda de energia celebrados com os acionistas adimplentes da MAESA, até que ocorram as seguintes situações:

- ♦ A Tractebel exerça seu direito de preferência na aquisição da energia e potência asseguradas, relativas aos acionistas inadimplentes da MAESA.
- ♦ A celebração de um contrato de compra e venda de energia com outro terceiro, para a venda da energia e potência asseguradas - caso a Tractebel não exerça seu direito de preferência.
- ♦ A substituição do acionista inadimplente da MAESA, por qualquer motivo ou razão, no Consórcio e na concessão. Essa substituição deve ser homologada pela ANEEL, e ocorrer concomitantemente à substituição desse acionista na participação acionária da MAESA.

Em caso de descumprimento, por qualquer acionista da MAESA, de qualquer obrigação de pagamento provisional, de acordo com o respectivo contrato de compra e venda de energia, os acionistas adimplentes devem ser obrigados a pagar o valor equivalente à sua participação *pro rata* na obrigação de pagamento provisional do acionista da MAESA inadimplente, pelo prazo de 90 dias.

Assim, os acionistas adimplentes da emissora passam a ter direito à cota de energia e potência asseguradas do acionista inadimplente, na proporção do pagamento efetuado. Porém, se o acionista inadimplente saldar a dívida no prazo de 90 dias, o valor correspondente aos pagamentos efetuados pelos adimplentes será deduzido, até compensar-se integralmente, de seus pagamentos seguintes da obrigação de pagamento provisional.

Os acionistas da MAESA podem optar por vender – ou requerer à MAESA que venda diretamente a terceiro – a energia e potência asseguradas, responsabilizando-se os acionistas, nesse caso, pela eventual diferença entre o valor da obrigação de pagamento provisional e o obtido com a venda a terceiros. Nessa hipótese, os acionistas da MAESA têm direito a um crédito contra o acionista inadimplente, em valor igual à diferença acima mencionada, devidamente corrigido, a ser satisfeito na forma prevista nos contratos de caução dos direitos emergentes da concessão.

Os contratos de compra e venda de energia prevêm a obrigação de entrega simbólica da energia e potência asseguradas. Dessa forma, os acionistas da MAESA obrigam-se a realizar os pagamentos, independentemente da entrega física e da utilização ou não da energia e potência asseguradas.

A responsabilidade pela contratação do transporte da energia e potência asseguradas entre o ponto de conexão da UHE Machadinho com a rede básica de distribuição e o ponto de entrega é dos acionistas da MAESA, que devem ratear entre si o custo dessa operação.

Cada contrato de compra e venda de energia vigorará a partir da data de sua assinatura pelas partes e permanecerá em vigor até que ocorra:

- ♦ O cumprimento integral das obrigações assumidas pela MAESA com relação às debêntures e ao empréstimo.
- ♦ A inadimplência por parte do respectivo acionista da MAESA em relação a qualquer das obrigações por ele assumidas.
- ♦ O inadimplemento pelo acionista da MAESA, por mais de 90 dias, das obrigações por ele assumidas no contrato de arrendamento.
- ♦ A substituição do acionista da MAESA no Consórcio e na concessão, seguida da substituição do mesmo na participação acionária da MAESA.

#### 7.2.6.4 Pacote de Garantias – Fluxograma

As figuras 7.2, 7.3 e 7.4 apresentam de forma resumida um fluxograma mostrando como se aplica o procedimento de cobrança pela MAESA no caso de um eventual inadimplemento de pagamento no Contrato de Arrendamento por parte de um ou mais acionistas da MAESA.

### 7.3 Origem dos recursos para a UHE Machadinho

Como mostrado nos itens anteriores deste capítulo, o projeto Machadinho foi viabilizado com aporte de recursos provenientes de três fontes:

- ♦ Capital próprio dos empreendedores (equity).
- ♦ Contratos de Financiamento do BNDES (debt)
- ♦ Emissão de debêntures da Machadinho Energética S/A (MAESA) - debt

A tabela 7.2 apresenta de forma sintética a participação percentual de cada fonte de recursos no empreendimento UHE Machadinho.

Tabela 7.2

#### Participação percentual das fontes de recursos

Fontes dos recursos	Participação aproximada (%)
Empreendedores (capital próprio)	29,6
BNDES	41,6
Debêntures	28,8
<b>Total</b>	<b>100,0</b>

Figura 7.2

### Pacote de Garantias – Estrutura de arrendamento – Situação de inadimplência

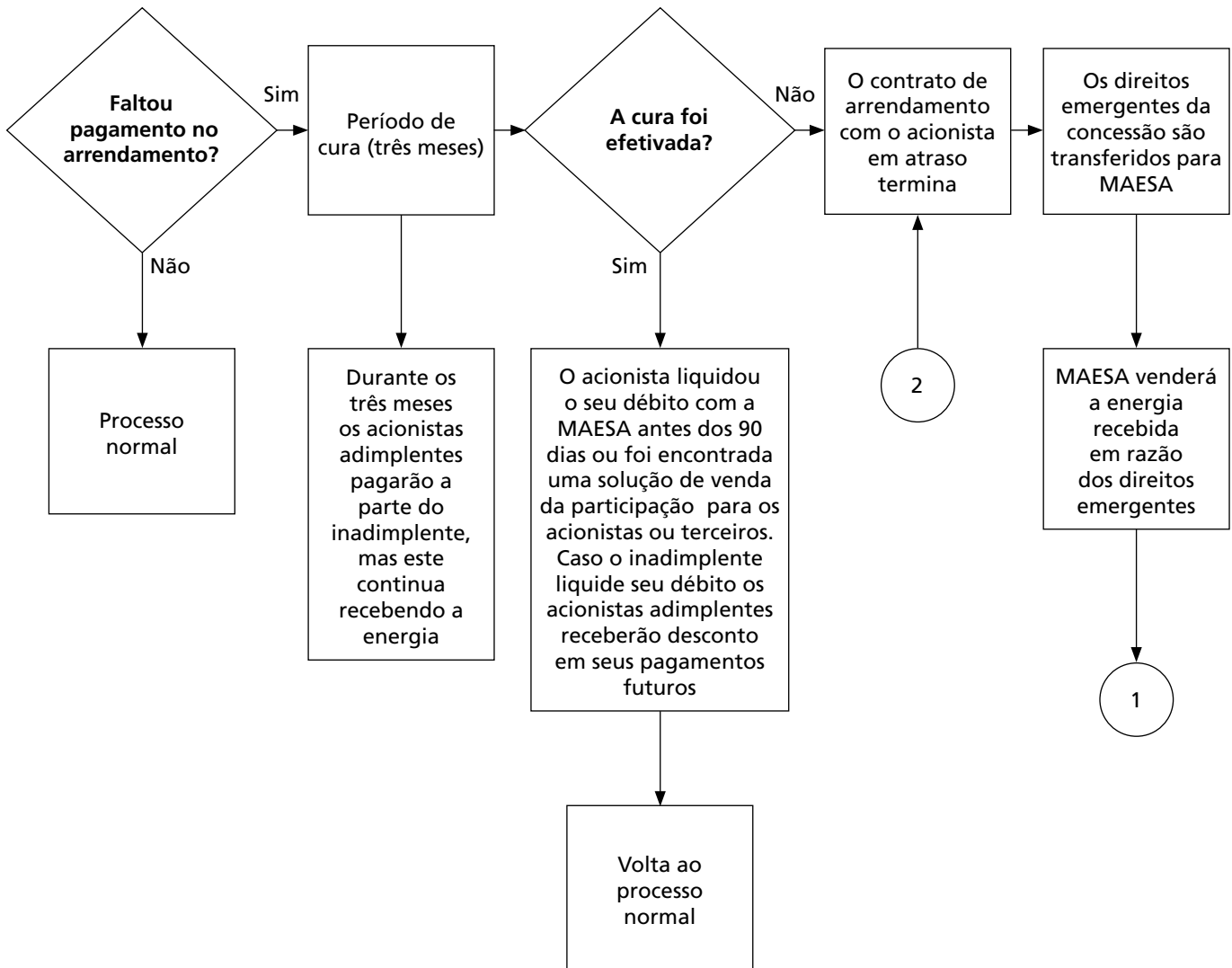
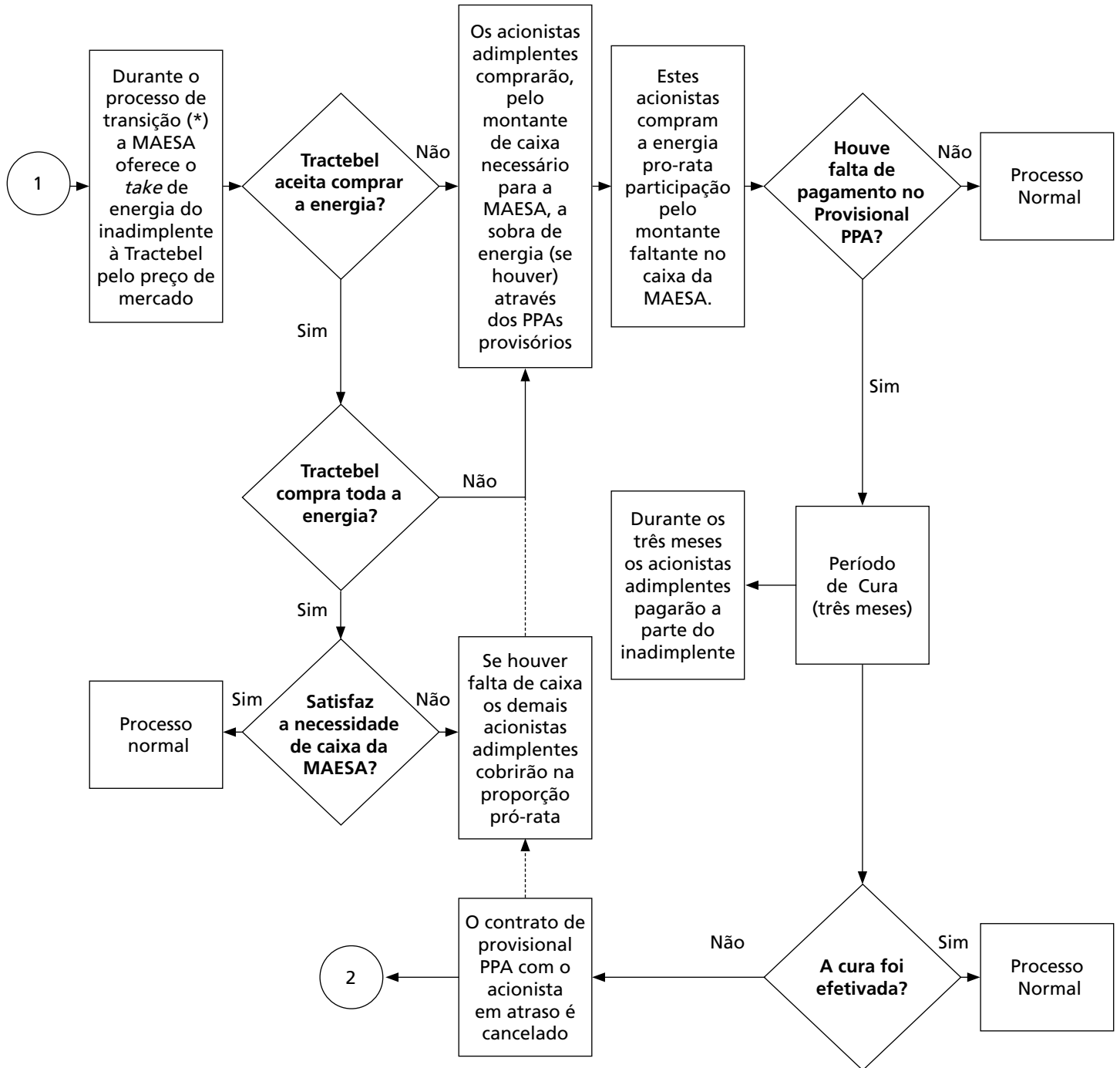


Figura 7.3

**Pacote de garantias – Vendas de energia – PPA provisório**

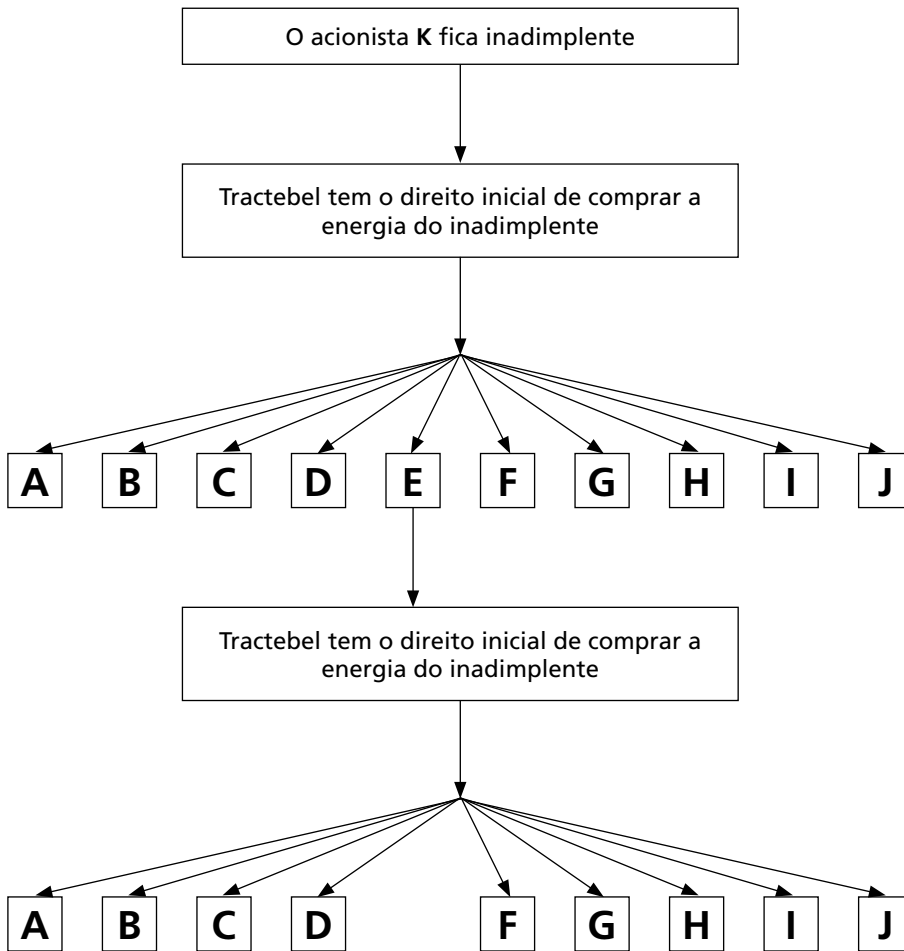


(\*) Processo de Transição: Período subsequente aos três meses de cura, após o qual se iniciaria a transferência da concessão de algum acionista que tivesse permanecido inadimplente.



Figura 7.4

### Pacote de garantias - Seqüência de venda da energia



Caso a Tractebel Energia não compre na totalidade a energia do acionista K que ficou inadimplente, os outros 10 acionistas assumem a parte total ou parcial do acionista K.

Caso a Tractebel Energia não compre na totalidade a energia do acionista E que ficou inadimplente, os outros nove acionistas assumem a parte total ou parcial do acionista E.

Os acionistas, após ofertada a venda da energia do inadimplente à Tractebel Energia, sempre honrarão os outros acionistas que se tornarem inadimplentes, através do Provisional PPA.





# CAPÍTULO 8



APÊNDICE

## 8.1 Contribuição financeira pelo uso dos recursos hídricos (COFURH)

A instituição da compensação financeira pela utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica é um direito assegurado pelo Art. 20 parágrafo 10 da Constituição Brasileira desde 1988. A legislação complementar que se seguiu, apresentada em detalhe na tabela 8.1, definiu que essa compensação financeira corresponde a 6% sobre o valor da energia produzida, com distribuição dos recursos entre a União (10%), os estados (45%) e os municípios diretamente atingidos (45%), além de acrescentar mais 0,75% a serem destinados ao Ministério do Meio Ambiente, para aplicação na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. O percentual da compensação ambiental que cabe à União é dividido entre o Ministério de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Amazônia Legal (3%); o Ministério de Minas e Energia (3%) e o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FNDCT (4%), administrado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia. Em sua última modificação, disposta na Lei Federal Nº 9.993, de 24/7/2000, essas porcentagens foram assim distribuídas:

Distribuição		(%)	Proporção (%)		Total(%)
Estados		45,00	2,70		2,70
Municípios		45,00	2,70		2,70
União	Ministério do Meio Ambiente	3,00	0,18	0,75	0,93
	Ministério de Minas e Energia	3,00	0,18		0,18
	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FNDCT*	4,00	0,24		0,24
<b>Total</b>		<b>100,00</b>	<b>6,00</b>		<b>6,75</b>

(\*) O FNDCT foi criado pelo Decreto-Lei nº 719, de 31/7/1969 e restabelecido pela Lei nº 8.172, de 18/1/1991

A deliberação da Compensação Financeira visa ressarcir os municípios pela área territorial cedida para implantação de usinas hidrelétricas. O montante desse repasse visa compensar os municípios pela perda de áreas agrícolas (Produção Renunciada) por inundação, estabelecimento de faixa ciliar e canteiro de obras.

Tabela 8.1

## Legislação Federal sobre a compensação financeira pelo aproveitamento dos recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica

Data	Nº	Destaque	Ementa			
5/10/1988	Constituição da República Federativa do Brasil	Art. 20	Trata dos bens da União, dentre eles os potenciais de energia hidráulica. No § 1º consta: "É assegurada, nos termos da lei, 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."			
28/12/1989	Lei Federal 7.990	Art. 2.º (revogado pela Lei nº 9648/98)	Institui a compensação financeira pela utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, no "montante de 6% (seis por cento) sobre o valor da energia produzida, a ser paga pelos concessionários de serviço de energia elétrica aos estados, ao Distrito Federal e aos municípios, em cujos territórios se localizarem instalações destinadas à produção de energia elétrica ou que tenham áreas invadidas por águas dos respectivos reservatórios."			
27/5/1998	Lei Federal 9.648	Art. 17 (revogado pela Lei 9.984/00)	Não altera o montante estabelecido pela LF 7.990/98 e apenas determina que a compensação seja paga por titular da concessão ou autorização.			
17/7/2000	Lei Federal 9.984	Art. 28	Determina que a compensação financeira pela utilização de recursos hídricos seja de 6,75% (seis inteiros e setenta e cinco centésimos por cento), na seguinte proporção: 6% serão distribuídos entre os estados, municípios e órgãos da administração direta da União; 0,75% serão destinados ao Ministério do Meio Ambiente, para aplicação na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.			
		Art. 29 (modificado parcialmente pela Lei 9.993/00)	Dispõe sobre a distribuição mensal dos 6% da compensação ambiental da seguinte forma:			
			Distribuição	(%)	Proporção (%)	
			Estados	45,00	2,70	-
			Municípios	45,00	2,70	-
			Ministério do Meio Ambiente	4,40	0,26	0,75
			Ministério de Minas e Energia	3,60	0,22	-
Ministério da Ciência e Tecnologia	2,00	0,12	-			
Total	100,00	6,00	-			
24/7/2000	Lei Federal 9.993	Art. 2º	Mantém o montante da compensação ambiental a ser repassada aos estados e municípios e altera os demais, conforme apresentado abaixo:			
			Distribuição	(%)	Proporção (%)	
			Estados	45,00	2,70	-
			Municípios	45,00	2,70	-
			Ministério do Meio Ambiente	3,00	0,18	0,75
			Ministério de Minas e Energia	3,00	0,18	-
			Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FNDCT	4,00	0,24	-
Total	100,00	6,00	-			

Cabe à ANEEL o cálculo dos índices de participação de cada município no cômputo global. As usinas hidrelétricas informam à ANEEL até 50 dias após o último dia do mês da geração o montante gerado, que será convertido aos valores a serem repassados. Com base nesse montante, a ANEEL faz a distribuição correspondente a cada ente federado (União, estados e municípios), segundo os coeficientes do rateio que lhes cabem. É vedada a aplicação desses recursos em pagamento de dívidas e no quadro permanente de pessoal.

As usinas hidrelétricas pagam 6,75% do valor da energia produzida a título de Compensação Financeira (CF), segundo um cálculo obtido na fórmula padrão apresentada abaixo:

$$CF = TAR \times MWh,$$

onde TAR (Tarifa Atualizada de Referência) é traduzida em reais (R\$), vigentes durante um ano, conforme Resolução Homologatória da ANEEL. Tais valores são reajustados anualmente, pelo IPCA.

Os percentuais das áreas inundadas pelo reservatório da UHE Machadinho, para fins de cálculo da repartição dos recursos da Compensação Financeira pela Utilização dos Recursos Hídricos para Geração Hidrelétrica constam da Resolução ANEEL Nº 643, de 25/11/2002, e são apresentados na tabela 8.2.

Tabela 8.2

### UHE Machadinho - Percentuais de área inundada dos municípios

N.º	Municípios	Área inundada coeficiente de rateio (%)
1	Anita Garibaldi (SC)	1,0479
2	Barracão (RS)	12,4173
3	Campos Novos (SC)	3,1699
4	Capinzal (SC)	7,7960
5	Celso Ramos (SC)	8,8939
6	Pinhal da Serra (RS)	1,6550
7	Machadinho (RS)	29,6327
8	Maximiliano de Almeida (RS)	9,3358
9	Piratuba (SC)	13,7011
10	Zortéa (SC)	12,3504
	<b>Total</b>	<b>100,0000</b>

Fonte: Anexo à Resolução ANEEL nº 643/2002

A tabela 8.3 apresenta a parcela da Compensação Financeira que cabe a cada município, considerando sua área de inundação. Observe-se a participação relativa de cada município sobre a área total do reservatório da UHE Machadinho. Nessa relação, tem-se que, para compor os 89,32 km<sup>2</sup> de área do reservatório, foram necessários 1,93% da área territorial total de dez municípios da região.

Tabela 8.3

**UHE Machadinho – Área total dos municípios,  
parcela de área inundada e coeficientes de rateio  
para cálculo da compensação financeira**

N.º	Municípios	Área territorial dos municípios			Área inundada coeficiente de rateio (%)	Compensação financeira (%)
		Área (km²)		Participação relativa de cada município na UHE Machadinho (%)		
		Total	Inundada			
1	Anita Garibaldi (SC)	589	0,94	0,16	1,0479	0,54
2	Barracão (RS)	516	11,09	2,15	12,4173	4,43
3	Campos Novos (SC)	1.660	2,83	0,17	3,1699	2,99
4	Capinzal (SC)	334	6,96	2,08	7,7960	3,56
5	Celso Ramos (SC)	207	7,94	3,84	8,8939	3,27
6	Pinhal da Serra (RS)	434	1,48	0,34	1,6550	0,58
7	Machadinho (RS)	334	26,47	7,93	29,6327	12,67
8	Maximiliano de Almeida (RS)	209	8,34	3,99	9,3358	5,97
9	Piratuba (SC)	146	12,24	8,38	13,7011	7,43
10	Zortéa (SC)	190	11,03	5,81	12,3504	3,56
	<b>Total</b>	<b>4.619</b>	<b>89,32</b>	<b>1,93</b>	<b>100,0000</b>	<b>45,00</b>

Fonte: IBGE, Cidades – O Brasil, Município a Município, 2007; Anexo à Resolução ANEEL n° 643/2002

A tabela 8.4 apresenta a distribuição da Compensação Financeira entre os estados e municípios atingidos pela UHE Machadinho e a participação de cada um no montante final, no período de 2002 a 2006, considerando que do montante de 6,75% repassado pela UHE Machadinho à ANEEL, 45% são repassados aos municípios e 45% aos estados, segundo os coeficientes do rateio proporcionais às áreas atingidas, e 10% à União.

Para compreensão dos valores assinalados, toma-se como exemplo o ano de 2006.

TAR para 2006 = R\$ 55,94 (Resolução Normativa ANEEL N° 192, de 19/12/2005)

Geração total em 2006 = 2.261.157,759 MWh

R\$ 55,94 x 2.261.157,759 MWh = R\$ 126.489.165,04

6,75% de R\$ 126.489.165,04 = R\$ 8.538.018,66

Esse montante final de R\$ 8.538.018,66 repassado pela UHE Machadinho à ANEEL no ano de 2006 foi distribuído na proporção sintetizada na tabela 8.5.



Tabela 8.4

### Distribuição da compensação financeira entre os municípios atingidos pela UHE Machadinho

Beneficiários	Área inundada Coeficiente de rateio (%)	Compensação financeira (%)	Desembolso total anual da Usina Hidrelétrica Machadinho – 2002 a 2006 (em R\$)						
			2002	2003	2004	2005	2006	TOTAL	
			11.221.321,40	9.046.194,95	12.893.722,50	15.857.246,83	8.538.018,66	57.556.504,34	
Estado de Santa Catarina		21,35	2.395.752,12	1.931.362,62	2.752.809,75	3.385.522,20	1.822.866,98	12.288.313,68	
Estado do Rio Grande do Sul		23,65	2.653.842,51	2.139.425,11	3.049.365,37	3.750.238,88	2.019.241,41	13.612.113,28	
Órgãos do Governo Federal		10,00	1.122.132,14	904.619,50	1.289.372,25	1.585.724,68	853.801,87	5.755.650,43	
Municípios de Santa Catarina									
1	Anita Garibaldi	1,0479	0,54	60.595,14	48.849,45	69.626,10	85.629,13	46.105,30	310.805,12
2	Campos Novos	3,1699	2,99	335.517,51	270.481,23	385.522,30	474.131,68	255.286,76	1.720.939,48
3	Capinzal	7,796	3,56	399.479,04	322.044,54	459.016,52	564.517,99	303.953,46	2.049.011,55
4	Celso Ramos	8,8939	3,27	366.937,21	295.810,57	421.624,73	518.531,97	279.193,21	1.882.097,69
5	Piratuba	13,7011	7,43	833.744,18	672.132,28	958.003,58	1.178.193,44	634.374,79	4.276.448,27
6	Zortéa	12,3504	3,56	399.479,04	322.044,54	459.016,52	564.517,99	303.953,46	2.049.011,55
<b>Total SC</b>		<b>46,96</b>	<b>21,35</b>	<b>2.395.752,12</b>	<b>1.931.362,62</b>	<b>2.752.809,75</b>	<b>3.385.522,20</b>	<b>1.822.866,98</b>	<b>12.288.313,68</b>
Municípios do Rio Grande do Sul									
7	Barracão	12,4173	4,43	497.104,54	400.746,44	571.191,91	702.476,03	378.234,23	2.549.753,14
8	Machadinho	29,6327	12,67	1.421.741,42	1.146.152,90	1.633.634,64	2.009.113,17	1.081.766,96	7.292.409,10
9	Maximiliano de Almeida	9,3358	5,97	669.912,89	540.057,84	769.755,23	946.677,64	509.719,71	3.436.123,31
10	Pinhal da Serra	1,655	0,58	65.083,66	52.467,93	74.783,59	91.972,03	49.520,51	333.827,73
<b>Total RS</b>		<b>53,04</b>	<b>23,65</b>	<b>2.653.842,51</b>	<b>2.139.425,11</b>	<b>3.049.365,37</b>	<b>3.750.238,88</b>	<b>2.019.241,41</b>	<b>13.612.113,28</b>
<b>Total acumulado municípios e estado de SC</b>			<b>42,70</b>	<b>4.791.504,24</b>	<b>8.654.229,48</b>	<b>14.159.848,99</b>	<b>20.930.893,39</b>	<b>24.576.627,35</b>	<b>24.576.627,35</b>
<b>Total acumulado municípios e estado de RS</b>			<b>47,30</b>	<b>5.307.685,02</b>	<b>9.586.535,23</b>	<b>15.685.265,98</b>	<b>23.185.743,73</b>	<b>27.224.226,55</b>	<b>27.224.226,55</b>
<b>Total acumulado União</b>			<b>10,00</b>	<b>1.122.132,14</b>	<b>2.026.751,64</b>	<b>3.316.123,89</b>	<b>4.901.848,57</b>	<b>5.755.650,43</b>	<b>5.755.650,43</b>
<b>Total geral</b>			<b>100,00</b>	<b>11.221.321,40</b>	<b>20.267.516,35</b>	<b>33.161.238,85</b>	<b>49.018.485,68</b>	<b>57.556.504,34</b>	<b>57.556.504,34</b>

Fonte: Tractebel Energia, Departamento Financeiro, janeiro/2007

Tabela 8.5

### UHE Machadinho - Distribuição da compensação financeira entre os estados e municípios atingidos - 2006

Distribuição		(%)	R\$
União		10,00	853.801,866
Estados	Santa Catarina	21,35	1.822.866,984
	Rio Grande do Sul	23,65	2.019.241,413
	Subtotal	45,00	3.842.108,397
Municípios	Santa Catarina	21,35	1.822.866,984
	Rio Grande do Sul	23,65	2.019.241,413
	Subtotal	45,00	3.842.108,397
<b>Total</b>		<b>100,00</b>	<b>8.538.018,660</b>

## 8.2 Ficha técnica

<b>Usina Hidrelétrica Machadinho</b> Linha São Paulo, s/nº – Caixa Postal 3 CEP 89667-000 – Piratuba-SC Fone: (49) 3553-6000											
<b>Consórcio Machadinho</b> Rua Germano Wendhausen, 203, 6º andar Centro Executivo Beira Mar, Centro, CEP 88015-460 – Florianópolis-SC Fone: (48) 3222-0982											
<b>1. Localização da barragem</b>											
Rio: Pelotas			Sub-bacia: Rio Pelotas				Bacia: Rio Uruguai				
Latitude Sul: 27° 31' 25''			Município margem direita: Piratuba							UF: SC	
Longitude Oeste: 51°47'05''			Município margem esquerda: Maximiliano de Almeida							UF: RS	
<b>2. Dados hidrometeorológicos</b>											
Postos fluviométricos de referência											
Cód.: 73010000		Nome: Marcelino Ramos		Rio: Uruguai			Ad: 41.300 km <sup>2</sup>				
72980000		Rio Uruguai		Peixe			5.230 km <sup>2</sup>				
72680000		Passo Colombelli		Apuaê			3.720 km <sup>2</sup>				
72300000		Passo do Virgílio		Pelotas			29.600 km <sup>2</sup>				
Área de drenagem do barramento			32.050 km <sup>2</sup>			Vazão firme (95%)					
Precipitação média anual			1.610 mm			Vazão máxima registrada (ago/1965)			19.642 m <sup>3</sup> /s		
Evaporação média anual			1.317 mm			Vazão mínima registrada (jan/1945)			22 m <sup>3</sup> /s		
Evaporação média mensal			109 mm			Vazão mínima média mensal			22 m <sup>3</sup> /s		
Vazão média de longo período			728 m <sup>3</sup> /s			Vazão de projeto (tr: 10.000 anos)			35.703 m <sup>3</sup> /s		
						Vazão obras desvio (tr: 10 anos)			14.110 m <sup>3</sup> /s		
Vazões médias mensais (m <sup>3</sup> /s) – período 1931 a 1994											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
438,9	559,0	470,1	485,6	660,0	798,6	961,4	1021,4	1120,8	1013,0	673,4	529,4
Evaporação média mensal (mm) – período 1938 a 1972											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
156	140	130	107	73	51	56	70	88	125	156	165
<b>3. Reservatório</b>											
N.A. de montante						Volumes					
Mínimo normal			465,00 m			Total armazenado			3,3 km <sup>3</sup>		
Máximo normal			480,00 m			Útil			1 km <sup>3</sup>		
Máximo maximorum			485,36 m								

Nível de aproveitamento de jusante			
Normal	374,80 m	Vida útil do reservatório	100 anos
Mínimo	373,35 m	Perímetro do reservatório	509,0 km
Máximo normal	398,00 m	Profundidade média	30 m
Áreas inundadas		Profundidade máxima	120 m
No N.A. máximo maximum	79,00 km <sup>2</sup>	Tempo de formação do reservatório	120 m
No N.A. máximo normal	56,70 km <sup>2</sup>	Tempo (médio) de permanência da água	54 dias
No N.A. mínimo normal	62,00 km <sup>2</sup>		
Áreas inundadas por município/estado			
Estado	Município	Área (km <sup>2</sup> )	% da área inundada
SC	Anita Garibaldi	0,94	1,04785
	Campos Novos	2,83	3,16990
	Capinzal	6,96	7,79598
	Celso Ramos	7,94	8,89387
	Piratuba	12,24	13,70110
	Zortéa	11,03	12,35043
RS	Barracão	11,09	12,41726
	Machadinho	26,47	29,63282
	Maximiliano de Almeida	8,34	9,33576
	Pinhal da Serra	1,48	1,65504
Total		89,32	100
Volumes totais das estruturas (em m <sup>3</sup> )			
Escavação comum			4.772.066
Escavação em rocha a céu aberto			7.215.784
Escavação em rocha subterrânea			442.737
Aterros compactados			663.835
Enrocamento			7.233.641
Concreto convencional			468.427
4. Desvio			
Tipo			Área e volume quantidade
Vazão de desvio (tr: 10 anos)			14.110 m <sup>3</sup> /s
Número de unidades			4
Seção (lxh)			14x16 m <sup>2</sup>
Comprimento			1.800 m

<b>5. Barragem</b>			
Tipo de estrutura/material: enrocamento CC/face de concreto			
Comprimento total da crista		700,00 m	
Altura máxima		126,00 m	
Cota da crista		485,50 m	
<b>6. Diques</b>			
Tipo de estrutura/material: solo			
Comprimento total da(s) crista(s)		730,75 m	
Altura(s) máxima(s)		36,00 m	
Cota da(s) crista(s)		486,00 m	
<b>7. Vertedouro</b>			
Tipo - superfície		Comportas	
Capacidade (vazão máxima excepcional/tr = 10.000 anos):	35.703 m <sup>3</sup> /s	Tipo - segmento	
Cota da soleira	460,00 m	Acionamento - por cilindros hidráulicos de simples efeito	
Comprimento total	184,50 m	Largura	18,00 m
Número de vãos	8	Altura	20,00 m
Largura do vão	18,0 m		
Escavação comum	1.490.000 m <sup>3</sup>		
Escavação em rocha a céu aberto	2.850.000 m <sup>3</sup>		
Concreto (convencional)	132.500 m <sup>3</sup>		
<b>8. Sistema adutor</b>			
<b>Tomada d'água</b>			
Tipo - gravidade aliviada			
Comprimento total		68,40 m	
Número de vãos		3	
<b>Conduto forçado (túnel)</b>		<b>Comportas</b>	
Número de unidades	3	Tipo - vagão de emergência	
Diâmetro do trecho revestido em concreto	9,4 m	Acionamento - por cilindros hidráulicos de simples efeito	7,6 m
Diâmetro do trecho blindado	8,0 m	Vão livre	10,60 m
Comprimento médio	183,0		
Concreto	51.100 m <sup>3</sup>		
<b>9. Casa de força do tipo abrigada</b>			
Nº de unidades geradoras		3 x 418 mva	
Comprimento total:		130,00 m	
Altura máxima		73,00 m	
Turbinas Francis		3 x 380 MW	

<b>10. Turbinas</b>			
Tipo: Francis		Vazão unitária nominal	433,2 m <sup>3</sup> /s
Potência unitária nominal	386.000 MW	Rendimento médio ponderado	93,53 %
Rotação síncrona	120,00 rpm	Peso total por unidade	1183 t
Queda líquida para potência nominal	97,00 m		
<b>11. Geradores</b>			
Potência unitária nominal	418,5 mva	Rendimento médio ponderado	98,59 %
Rotação síncrona	120,00 rpm	Fator de potência	0,95
Tensão nominal	16 kV	Peso do rotor	820 t
<b>12. Cronograma – principais fases</b>			
Início das obras até o desvio	20 meses	Total	47 meses
Desvio até o fechamento	23 meses	Montagem eletromecânica (1ª unidade)	23 meses
Fechamento até geração (1ª unidade)	4 meses	Operação (1ª unidade)	fev/2002
<b>13. Custos</b>			
Discriminação		Total (R\$ milhões)	
Obras civis		369	
Montagem eletromecânica		39	
Equipamentos		194	
Projeto executivo		24	
Serviços preliminares		14	
Fornecimento MAESA		92	
Seguros		8	
Administração do proprietário		29	
Meio ambiente		227	
Despesas financeiras		155	
Total		1.149	
<b>14. Estudos energéticos</b>			
Queda bruta máxima		108,8 m	
Queda de referência		97,0 m	
Potência da Usina		1.140 mw	
Energia firme		529 mw médios	
<b>15. Instalações de transmissão de interesse restrito à central geradora</b>			
Linhas de transmissão		Subestação	
Dois circuitos simples de 500 kV		Em 500kV abrigada, isolada a gás SF <sub>6</sub> com barramento duplo seccionado, com três vãos e entrada de gerador/ transformador e dois vãos de saída de linha.	

<b>16. Impactos socioambientais</b>					
População atingida					(Nº de famílias)
Urbana					0
Rural					2.076
Total					2.076
Quantidade de localidades rurais atingidas					3
Interferências com áreas legalmente protegidas		Sim	x	Não	
Interferências com áreas indígenas		Sim		Não x	
Interferências com infra-estrutura				Extensão (em km)	
Melhorias nos acessos existentes nos diversos municípios				184,97	
Novos acessos				4,59	
Nova rede elétrica				23,91	
Desmontes na rede elétrica				69,55	
Rede de abastecimento de água e diversas captações				26,77	
Empregos gerados durante a construção				Diretos – 3.000	
<b>17. Volumes totais (em m³)</b>					
Aterro compactado				427.100	
Concreto convencional				381.964	

## 8.3 Parceiros e fornecedores

### 8.3.1 Projeto, fornecimento, construção e montagem

UNEMAC - União de Empresas Fornecedoras de Machadinho

Alstom Brasil Ltda.

Ansaldo Coemsa S/A (Coemsa).

Asea Brown Boveri Ltda. (ABB).

Bardella S/A Indústrias Mecânicas (Bardella).

CNEC Engenharia S/A.

Construções e Comércio Camargo Corrêa S/A (CCCC).

Mecânica Pesada S/A (MEP).

Siemens Ltda. (Siemens).

Voith S/A Máquinas e Equipamentos (Voith).

### 8.3.2 Socioambiental e patrimonial

Arquegeo Consultoria Ltda.

Bourscheid S.A. Engenharia e Meio Ambiente

ECO/SAFE Agricultura e Meio Ambiente

EMATER - Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

ETS Energia, Transporte e Saneamento S/C Ltda.

Fapeu - Fundação de Amparo à pesquisa e Extensão Universitária

Fundagro - Fundação de Apoio ao Desenvolvimento Rural Sustentável

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.

Lago Azul Consultoria Ltda.

Lapad - Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce da UFSC

LRP Apoio Técnico Ltda.

Progeo Consultoria e Engenharia Ltda.

Socioambiental Consultores Associados Ltda.

SSI Serviço Social Integrado S/C

URI - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões

### **8.3.3 Engenharia do proprietário – Gerenciamento e administração**

Andrade & Canellas Consultoria e Engenharia Ltda.  
Chroma Engenharia Ltda.

### **8.3.4 Assessoria jurídica**

Advocacia Waltemberg  
Albino Advogados Associados  
Borges Schmidt & Almeida Advocacia e Consultoria S/C  
Frias Martins e Kamiya Advogados

### **8.3.5 Assessoria financeira**

Banco Votorantim

### **8.3.6 Demais parceiros e fornecedores**

A Correa Escavações e Transportes Ltda.  
A. Mendes Terraplenagem, Construção Ltda.  
A.R. Ferreira e Cia Ltda.  
Achá Mercado Engenheiros Associados S/C Ltda.  
Adai - Associação de Desenvolvimento Agrícola Interestadual  
Adelir Falavigna & Filhos Ltda.  
Advocacia Luiz Carlos Coffy  
Advocacia Márcio Franzon  
Aeroconsult - Aerolevanteamento e Consultoria Ltda.  
Aerosat Arquitetura Engenharia e Planejamento Ltda.  
Agroniza Industrial e Comércio Ltda.  
Águia Sistemas de Armazenagem S.A.  
Albino Richit  
Altamir Wollmann Advogados Associados  
ANATEL - Agencia Nacional de Telecomunicações  
Andrade Construções Ltda.  
Aquaplant Comercial Ltda.  
Apromate - Associação dos Produtores de Erva Mate de Machadinho  
Aprovi - Associação de Proteção a Vida  
Arba - Associação dos Reassentados de Barracão  
Arcan - Associação dos Reassentados de Campos Novos



Arma - Associação dos Reassentados de Machadinho  
Arzo - Associação dos Reassentados de Zortéa  
Assagre - Associação dos Agricultores Reassentados  
Associação do Posto Indígena Ligeiro  
Atual Engenharia  
Auri Kochenborger M.E.  
Bacaltchuk & Froeder Ltda.  
Barazzetti Transportes e Terraplanagem  
Bortoletti Serviços Ltda.  
Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente Ltda.  
Brasiliano & Associados  
Cadastral J. Flores Ltda.  
Camenge Terraplanagem Pavimentação Ltda.  
Campos & Lima Engenharia e Consultoria Patrimonial Ltda.  
Casa do Chimarrão Comércio e Representação Ltda.  
Celesp - Comercial Elétrica São Pedro Ltda.  
Cepel - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica  
Construtora Gaúcha Ltda.  
Construtora Santa Lúcia Ltda.  
Construtora Tempo Ltda.  
Cooperativa Alto do Uruguai  
Cooperativa do Município de Esmeralda  
Corpo de Bombeiro Volutários de Capinzal  
Czarnobay Materiais Ltda.  
D. Bortoletti Serviços Ltda.  
D.Guedes Topografia Ltda.  
D.M Recursos Humanos  
D.P Construções e Terraplanagem Ltda.  
Dallagnol Engenharia de Obras Ltda.  
Daniela Palma de Oliveira  
Del Mondo Estratégias de Comunicação  
Departamento Nacional de Portos e Mineração  
Dresslermaia & Associados  
Dzigual Gollineli Design Ltda.  
E. B. Instalações Elétricas Ltda.  
Eco/Safe - Agricultura e Meio Ambiente  
Ecolabor Laboratório  
Ecosolve Serviços de Engenharia Ltda.  
Edgar Antonio Zanchetta  
Eletromec Engenharia Ltda.

Eletrowatt Montagens Elétricas Ltda.  
Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos  
Empresa Eletro Meio Oeste Ltda.  
Estrutural Zortéa Indústria e Comércio Ltda.  
Exímia Recursos Humanos e Assessoria Empresarial Ltda.  
Flow Engenharia Ltda.  
Franceschini e Miranda Advogados  
Fundamento Construtora Ltda.  
Funep - Fundo de Extensão e Pesquisa em Agricultura, Med. Veterinária e Zootecnia  
Garden Sul Projetos Ambientais Ltda.  
Giovanni Giuseppe Beraldin  
Gold & Gold S/C Ltda.  
GPC Gênese Planejamento e Consultoria S/C Ltda.  
Griber Serviços Ltda.  
Grupo Oficina Arquitetos Associados Ltda.  
Hidromar Indústria Química Ltda.  
Hidromar Recursos Hídricos e Representação Ltda.  
Hidrotec Construções Ltda.  
Hospital São Valentim  
IACC Construções Ltda.  
Issao Consultoria Ltda.  
Itaí Estudos, Projetos e Perfurações Ltda.  
Itasevice Ltda.  
J. R. de Andrade Barretos EPP  
Janey Pavimentações e Transportes Ltda.  
JC Minelli Consultoria e Engenharia Ltda.  
L. A. Cirino dos Santos Transportes Ltda.  
Lactec - Laboratório Técnico para o Desenvolvimento  
Leão Poços Artesianos Ltda.  
Lilla, Huck, Otranto, Camargo e Messina Advogados  
Luciano Polidoro - ME  
Marte Refrigeração Ltda.  
Masitel Telecomunicações Ltda.  
Maurique Assessoria Empresarial S/C Ltda.  
MB Consultoria e Serviços Ltda.  
Menozzo Serviços S/C Ltda.  
Metalúrgica Markendorf Ltda.  
Mirantt Serviços Gerais Ltda.  
N. Santin Eletrificações Ltda.  
Nadir Gabiatti ME

Naturae Projetos e Consultoria Ambiental Ltda.  
Navegação Belini Ltda.  
Nelson Luiz de Souza Pinto  
Nelson Variani Filhos & Cia Ltda.  
Nestor Luiz Zoldan  
O.B. Terraplenagem Ltda.  
Odorico Eletrificações Ltda.  
Omni Planejamento Socio-Ambiental Ltda.  
Patrimonial Segurança Ltda.  
Perdigão Agroindustrial S.A.  
Polícia Militar de Santa Catarina  
Postec Indústrias de Postes Ltda.  
Prefeitura Municipal de Anita Garibaldi  
Prefeitura Municipal de Barracão  
Prefeitura Municipal de Campos Novos  
Prefeitura Municipal de Capinzal  
Prefeitura Municipal de Celso Ramos  
Prefeitura Municipal de Ipira  
Prefeitura Municipal de Machadinho  
Prefeitura Municipal de Maximiliano de Almeida  
Prefeitura Municipal de Piratuba  
Prefeitura Municipal de São José do Ouro  
Prefeitura Municipal de Zortéa  
Prestes Costa Contabilidade S/C Ltda.  
Primondo S/C Ltda.  
PZT Engenharia e Consultoria Ltda.  
R.F Pollo e Cia Ltda.  
RAK Montagens eletromecânicas e Serviços Ltda.  
RBM Soluções para Gerenciamento da Informação S/C  
RC & RC Casas Vila Rica Ltda.  
RMLD Engenharia e Consultoria Ltda.  
RN Consultoria e Planejamento Ltda.  
Roani Poços Artesianos Ltda.  
RTK Engenharia e Consultoria Ltda.  
Sebrae - Serviço de Apoio Micro e Pequeno Empresário do RS  
Sérgio Brito  
Serraria e Trnsportes Coletivos Stockmann Ltda.  
SMC Consultoria e Engenharia Ltda.  
Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem Educação Ambiental  
Tramo Sociedade Civil Estruturas Ltda.

Valdir Farina

Virtual Office Comércio e Representações Ltda.

Viva Vida Operadora Ltda

Williams Cosultoria S/C Ltda.

Zapp Comércio de Equipamentos para Telefonia Ltda

Zig Filmes Ltda.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABG. **Plano Diretor de recuperação ambiental das áreas degradadas do canteiro de obras da UHE Machadinho**. Volumes I e II, maio 2000.
- AEROSAT. **Relatório de Cobertura Aerofotogramétrica da Região do Parque Nacional de São Joaquim**, 2002 e 2003.
- BOURSCHEID Engenharia Ltda. **Programa de Conservação da Flora e da Fauna: Projeto de Salvamento da Flora e Proteção do Reservatório - Recomposição Vegetal da Faixa Ciliar - Especificações Técnicas**, outubro 2000.
- BOURSCHEID, Engenharia Ltda. **Monitoramento da fauna silvestre da UHE Machadinho**, (janeiro a dezembro de 2002), 2 vol. (metodologia, resultados, discussão e conclusões), Porto Alegre, 31/1/ 2003. (Relatório Final).
- CAMARGO CORRÊA. **Gerenciamento dos Serviços de Recuperação das Áreas Degradadas - UHE Machadinho**, março 2002. (Relatório Mensal).
- CNEC, Andrade & Canellas, **Memória Técnica do Projeto e Construção da UHE Machadinho**. São Paulo, 2005.
- CONSÓRCIO MACHADINHO. **Relatório Semestral LO 160/2001**, setembro 2001 a março 2007. (Relatórios semestrais).
- CONSÓRCIO MACHADINHO/NCA – Núcleo de Consultoria Ambiental. **Plano de Conservação Ambiental e de Usos da Água e do Entorno do Reservatório - PCAU**, 4 vol. Florianópolis, novembro 2005.
- CONSÓRCIO MACHADINHO, Tractebel Energia. **Plano de Gestão Ambiental e Sócio-Patrimonial Corporativo: Manual de Gestão Ambiental e Sócio-Patrimonial da UHMA - Usina Hidrelétrica Machadinho**, Florianópolis.
- CONSÓRCIO MACHADINHO. **Licença Ambiental de Operação, LO nº 160/2001: Renovação**. Florianópolis, Abril 2005. 130p.
- ELETROBRÁS, Diretoria de Planejamento e Engenharia. **Memória técnica de usinas hidrelétricas: roteiro básico / ELETROBRÁS**, Memória da Eletricidade; coordenado por Alvarino de Araújo Pereira. – Rio de Janeiro: Eletrobrás, 1988.124p.
- ELETROSUL. **Projeto Básico**, 1982 -1984. (Relatório Técnico)
- ELETROSUL. **Revisão do Projeto Básico**, 1986 -1989. (Relatório Técnico)
- ELETROSUL. **Projeto Básico Ambiental – PBA**, outubro, 1998.
- EPAGRI – UHE. **Ações Integradas de Conservação do Solo e da Água, Saneamento Rural e Fomento à Produção**, setembro de 1999 a agosto de 2000, agosto 2000. (Relatório de Atividades Anual).
- EPAGRI/CLIMERH. **Estudo Climático para a Região da UHE Machadinho**, 2002 (Relatório Anual).
- ETS. **Implantação dos programas de remanejamento populacional e recomposição da infraestrutura**, abril 2001. (Relatório Parcial).
- ETS. **Relocação das balsas e ponte pênsil do reservatório**, setembro 2001. (Relatório).
- ETS. **Projeto de adequação das estradas – cota 480 – Lote II – Municípios de Barracão, Pinhal da Serra, Piratuba, Capinzal, Zortéa e Celso Ramos**, setembro 2001. (Relatório).
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Análise dos Registros da Rede Sismológica de Itá/ Machadinho do Período de 3 de Janeiro a 30 de Junho de 2000**, 30/06/2000. (Relatório Técnico Final Nº 58.971).
- LRP. **Assistência técnica e social às famílias reassentadas em Barracão II, Barracão III, Barracão**

**Belo-Betiollo, Curitiba, Campos Novos-Menegatti, Capinzal, Zortéa e Erechim**, outubro 2005. (Relatório Mensal).

LRP Apoio Técnico Ltda. **Situação Socioeconômica das Famílias Reassentadas**, Barracão, setembro, 2005. (Relatório).

MAESA. **Programa de Limpeza da Bacia de Acumulação - Projeto de Desmatamento**, dezembro 2001. (Relatório Final).

MAESA. **Descrição das áreas dos reassentamentos: lotes, proprietários, áreas do núcleo, de reserva legal, área total dos lotes e áreas escrituradas**, 17/9/2002. (Relatório).

PITELLI, R. A.; BORSARI, R. **Levantamento prévio e monitoramento das macrófitas presentes na área de inundação do reservatório de Machadinho**: Relatório Final & Plano Global de Manejo – SC/RS, UNESP Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Núcleo de Pesquisas e Estudos Ambientais em Matologia, Jaboticabal, setembro de 2002.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL – MCT - Museu de Ciências e Tecnologia. **EIA - Estudos de Impacto Ambiental - UHE Machadinho**: Vol I (Caracterização do Empreendimento), Vol II (Diagnóstico Ambiental), Vol III (Análise dos Impactos Ambientais), RIMA PUCRS, abril/1997.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL – MCT - Museu de Ciências e Tecnologia. **EIA - Estudos de Impacto Ambiental - UHE Machadinho**: Complementações, PUCRS, outubro/1997.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL, MCT - Museu de Ciências e Tecnologia. **Salvamento do Patrimônio Arqueológico**, 1977-1999. (Relatórios Técnicos).

RIBEIRO, Cleodes Maria Piazza Júlio; Pozenato, J.C. (org.). **Caminhos e Passos**: aspectos históricos e culturais da área da usina hidrelétrica Machadinho, Caxias do Sul: EDUCS, 2001. 279p.

SOCIOAMBIENTAL, PROGEO. **Água Superficial e Água Subterrânea**: Relatórios de qualidade, Simulação para qualidade da água, Hidrossedimentologia, Monitoramentos Qualidade da Água, 1999-2000. Serviço Social Integrado – SSI. **Análise dos Resultados da Execução dos Programas de Remanejamento da População, Adequação da Infra-estrutura de serviços, Recomposição Físico-Territorial das Áreas Atingidas e das Áreas da Obra da UHE Machadinho**, abril, 2004.

Serviço Social Integrado – SSI. **Área Remanescente**: amostragem T0, T1 e T2, Passo Fundo, outubro, 2005. (Relatório Final).

Serviço Social Integrado – SSI. **Carta de Crédito Convencional**: amostragem T0, T1, T2 e T3, Passo Fundo, outubro, 2005. (Relatório Final).

Serviço Social Integrado – SSI. **Indenização Parcial**: amostragem T0, T1 e T2, Passo Fundo, outubro, 2005. (Relatório Final).

Serviço Social Integrado – SSI. **Indenização Total**: amostragem T0, T1 e T2, Passo Fundo, outubro, 2005. (Relatório Final).

Serviço Social Integrado – SSI. **Reassentamento Rural Coletivo**: amostragem T0, T1, T2 e T3, Passo Fundo, outubro, 2005. (Relatório Final).

TRAMO Estruturas. **Fiscalização da Execução do Levantamento Aerofotogramétrico do Parque Nacional de São Joaquim**, fevereiro, 2005. (Relatório Técnico).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. LAPAD. **Monitoramento e Manejo da Ictiofauna do Alto Rio Uruguai**: Espécies Migradoras, janeiro de 2002. (Relatório Final).

AMBIENTE LÊNTICO - ambiente que se refere à água parada, com movimento lento ou estagnado.

AMBIENTE LÓTICO – ambiente relativo a águas continentais moventes.

ANTRÓPICO – alteração no meio físico provocada pela ação do homem.

ÁREA DE INFLUÊNCIA – É a área espacializada geograficamente sujeita a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos de um empreendimento, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza.

ÁREAS NATURAIS DE PROTEÇÃO – são as áreas protegidas para fins de manutenção da biodiversidade, pesquisas científicas e conservação de ecossistemas.

AS BUILT – expressão empregada nas obras civis para o projeto executivo, ou o modo de construção.

BARRAGEM PRINCIPAL – termo que designa a estrutura definitiva de uma usina hidrelétrica, destinada à obstrução do rio e formação do reservatório.

BIOMA – tipo de ecossistema terrestre regional, como um floresta tropical, pastagem ou outra, composta por formas de plantas consistentes, encontradas em grandes áreas climáticas.

BIOTA – a flora e a fauna de uma região ou período específico.

CLASSE DE ÁGUAS – enquadramento dos corpos de águas superficiais segundo suas características físicas, visando os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo.

CÓDIGO FLORESTAL - (Lei Federal nº 4771/65 alterado pela lei nº 7803/89 – MP 2166-67/01, reforçada pela Emenda Constitucional 32, de 11/09/01, e complementado pelas Resoluções CONAMA nº 302/02 e 303/02 – substituiu o Código Florestal de 23/01/1934).

COMPENSAÇÃO AMBIENTAL - é um mecanismo financeiro de compensação pelos efeitos de impactos não mitigáveis ocorridos quando da implantação de empreendimentos e identificados no processo de licenciamento ambiental.

CONTROLE AMBIENTAL – ação pública, oficial ou privada, destinada a orientar, corrigir e fiscalizar atividades que afetam ou possam afetar o meio ambiente.

DEPLECIONAMENTO – termo utilizado para representar a variação do nível da água dos reservatórios de hidrelétricas, considerando como referência os níveis de operação.

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – conceito originado em 1968, na Conferência da Biosfera, realizada em Paris, como contraponto ao crescimento econômico sem limites. Esse conceito é novamente apropriado quando da realização, em julho de 1972, pela ONU – Organização das Nações Unidas, da 1ª Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em Estocolmo, Suécia, quando os países desenvolvidos começaram a demonstrar preocupação com escassez de recursos naturais e mudanças climáticas. Em 1987 a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED), conhecida como “Comissão Brundtland”, recomendou a criação de uma nova carta ou declaração universal sobre a proteção ambiental e o desenvolvimento sustentável, definindo-o como “*aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem suas próprias necessidades*”. O marco definitivo dessa iniciativa da ONU aconteceu em julho de 1992, com a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada na cidade do Rio de Janeiro, também conhecida como “Cúpula da Terra”, consolidados num relatório final chamado de Agenda 21, que corresponde a uma agenda para o desenvolvimento sustentável.

<sup>1</sup> No presente Glossário foram utilizadas as seguintes fontes de consulta: Consórcio Machadinho, Plano de Conservação Ambiental e Usos da Água e do Entorno do Reservatório - PCAU, novembro/2005; Dicionário de ecologia e ciência ambiental – Henry W. Art editor geral, SP, Companhia Melhoramentos, 1998; sites consultados: <http://www.ambientebrasil.com.br>; <http://www.cprh.pe.gov.br>

DIQUES – no caso das obras hidrelétricas, são estruturas constituídas em aterro de solo, destinadas a evitar a fuga da água em pontos cujas cotas do terreno estão abaixo do nível da água do reservatório.

ENQUADRAMENTO – termo utilizado para os corpos d’água, no estabelecimento de uma meta ou objetivo de qualidade (classe de água) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos ao longo do tempo. O enquadramento dos corpos d’água é determinado pela Resolução CONAMA Nº 357, de 17/03/2005, que dispõe sobre sua classificação, e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

ENTORNO – área geográfica que circunscreve um território, com limites estabelecidos, de acordo com objetivos pré-estabelecidos, por exemplo, por compreender um determinado espaço ambiental ou por apresentar homogeneidade de funções.

ENRONCAMENTO – designa a construção feita com blocos de rocha, justapostas, sem uso de argamassa.

ENSECADEIRA – termo utilizado nas obras de usinas hidrelétricas, relativo à estrutura provisória construída em enrocamento, com vedação em aterro de solo.

ESCONSIDADE – denomina-se como o ângulo formado pelo eixo da barragem e a inclinação sobre a horizontal.

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – termo que designa os estudos relativos aos aspectos ambientais de uma atividade ou empreendimento visando sua aprovação junto às agências ambientais.

EUTRÓFICO – termo utilizado para o meio aquático que adquire alta concentração de nutrientes, especialmente fosfatos e nitratos, que contribuem para o crescimento excessivo de algas.

EUTROFIZAÇÃO – processo pelo qual um corpo d’água adquire alta concentração de nutrientes, levando-o a um envelhecimento lento.

EXPLORAÇÃO – uso ou consumo de um recurso natural pelo homem, como na exploração de minerais ou de fontes alimentícias.

EXTERNALIDADE – força externa, como os benefícios e custos sociais não incluídos no preço de mercado das mercadorias.

EXTINÇÃO – desaparecimento de uma espécie ou a condição de não haver membros vivos remanescentes.

EXTRATIVISMO – sistema de exploração baseado na coleta e extração, de modo sustentável, de recursos naturais renováveis.

GESTÃO AMBIENTAL – termo apropriado pelas organizações empresariais, governamentais e científicas, para designar o uso de instrumentos capazes de ordenar as atividades humanas visando o menor impacto possível sobre o meio.

IMPACTO AMBIENTAL - conceito estabelecido pela Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA, Lei Nº 6938, de 31/08/81, alterada pelas leis nº 7804/89, 8028/90, 9960/00, 9985/00 e 10165/00 - regulamentada pelo Dec nº 99.274/90) como *“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetem: A saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos naturais.”*

INVENTÁRIO – designa o conjunto de informações, estudos, levantamentos de campo e de dados, destinado a avaliar as condições de implantação de um empreendimento hidrelétrico.

JUSANTE – o lado de um curso de água oposto ao da nascente.

LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO – estabelecimento da medida das relações de águas profundas nos rios, lagos e oceanos.

LICENÇA AMBIENTAL – De acordo com a Resolução CONAMA 237/97 em seu art. 1.º, I, refere-se ao *“procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de*



## GLOSSÁRIO

*empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva e potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas aplicáveis ao caso”.*

LOG BOOM – termo que designa o equipamento instalado no reservatório, para reter ou barrar qualquer material de maior volume que venha a se aproximar das comportas da usina hidrelétrica.

MEDIDAS COMPENSATÓRIAS – termos empregados no âmbito do licenciamento ambiental, concernente às medidas adotadas pelos responsáveis pela execução de um projeto, destinadas a compensar impactos ambientais negativos ou irreversíveis, traduzidas em ações ou recursos a serem repassados àqueles a quem a legislação competente assim o determinar.

MEDIDAS MITIGADORAS - termos empregados no âmbito do licenciamento ambiental, concernente às medidas adotadas pelos responsáveis pela execução de um projeto, destinadas a reduzir ou atenuar os impactos negativos decorrentes da implantação de uma atividade ou empreendimento potencialmente impactante.

MEDIDAS PREVENTIVAS - termos empregados no âmbito do licenciamento ambiental, concernente às medidas adotadas pelos responsáveis pela execução de um projeto, visando à prevenção da ação degradadora do meio ambiente.

MEIO AMBIENTE - conceito estabelecido pela Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA, Lei Nº 6938, de 31/08/81, alterada pelas leis nº 7804/89, 8028/90, 9960/00, 9985/00 e 10165/00 - regulamentada pelo Dec nº 99.274/90) como *“o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas.”*

MERCADO DE ENERGIA – termo utilizado para o ambiente de negócios do setor elétrico, regulado pela ANEEL, no qual se faz a disponibilização de energia ao sistema - compra e venda - mediante normas reguladoras.

MONITORAMENTO – medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de algum elemento ou evento a ser avaliado, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade esperada.

MONTANTE – o lado da nascente, em relação ao rio.

OMBREIRA – parte mais elevada do barramento de uma usina hidrelétrica.

PLINTO – laje de concreto construída na face montante da barragem principal de uma usina hidrelétrica, que se apóia sobre outra estrutura de concreto armado.

QUALIDADE AMBIENTAL – termo utilizado para representar o resultado dos processos dinâmicos e interativos dos componentes do sistema ambiental.

QUALIDADE DA ÁGUA – características físicas, químicas e biológicas da água, relacionadas com o seu uso, visando um determinado fim.

QUALIDADE DE VIDA - termo com sentido amplo que visa classificar as condições que são fornecidas ao indivíduo para que viva segundo seus desejos e oportunidades.

RESERVATÓRIO – corpo artificial de água de superfície, que é retido por um barramento ou represa.

RIP RAP – o termo designa a utilização do solo-cimento ensacado, destinado à proteção de taludes, para evitar o desmoronamento.

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, instituído pela Lei 9.985, de 18/07/2000, para estabelecer critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação.

TALUDE – inclinação natural ou artificial da superfície de um terreno.

TALVEGUE – linha que segue a parte mais baixa do leito de um rio, de um canal ou de um vale. Perfil longitudinal de

um rio. Linha que une os pontos de menor cota ao longo de um vale.

**TOMADA D'ÁGUA** – estrutura ou local cuja finalidade é controlar, regular, derivar e receber água diretamente da fonte por uma entrada d'água construída a montante.

**TÚNEIS DE DESVIO** – são canais fechados, subterrâneos, escavados em rocha, com objetivo de redirecionar as águas do rio, possibilitando a construção da barragem principal de uma usina hidrelétrica. No caso da UHE Machadinho, foram construídos quatro túneis de desvio, sendo dois inferiores, localizados na margem catarinense (rio Pelotas) e dois superiores, na margem gaúcha (rio Inhandava).

**TURBIDEZ** – medida de transparência de uma amostra ou corpo d'água, em termos da redução de penetração da luz, devido à presença de matéria em suspensão ou substâncias coloidais. Mede a não propagação da luz na água.

**UNIDADE DE CONSERVAÇÃO** – espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

**UNIDADES DE PROTEÇÃO INTEGRAL** – são as áreas de proteção destinadas à preservação da natureza, nas quais é admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Compreendem: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e o Refúgio da Vida Silvestre.

**UNIDADES DE USO SUSTENTÁVEL** – são as áreas nas quais é possível compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. Compreendem: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

**USO DIRETO** – conceito aplicado às Unidades de Conservação, que corresponde àquele que envolve coleta e uso, comercial ou não, dos recursos naturais.

**USO INDIRETO** – conceito aplicado às Unidades de Conservação, que corresponde àquele que não envolve consumo, coleta, dano ou destruição dos recursos naturais.

**USO SUSTENTÁVEL** – exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável.

**VAZÃO DE REFERÊNCIA** – vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de gestão, tendo em vista o uso múltiplo das águas e necessária articulação das instâncias do Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA, e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGRH.

**VERTEDOURO** – estrutura construída com a função de controlar o nível da água do reservatório, através de um número definido de comportas metálicas. No caso da UHE Machadinho, foram implantadas 8 comportas metálicas.

**VIABILIDADE** – termo designa os estudos feitos anteriormente à implantação de empreendimentos, notadamente hidrelétricos, destinados a avaliar as reais condições de implantação e funcionamento posteriores.

**VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO** – designa o período que o empreendimento poderá ter de duração, mantendo as condições ideais de funcionamento, conforme previsto em projeto.

**ZONEAMENTO** – definição de setores ou zonas em uma unidade de conservação ou em um território, com objetivos de manejo e normas específicos, com o propósito de proporcionar os meios e as condições para que todos os objetivos da unidade territorial possam ser alcançados de forma harmônica e eficaz.



## *Usina Hidrelétrica Machadinho*

MEMÓRIA TÉCNICA

---

**Coordenação** Consórcio Machadinho S.A. – Roberto Pizzato e Regina Stela Néspoli **Projeto editorial** Núcleo de Projetos Editoriais (NPE)/ Jornalismo/UFSC – Carlos Locatelli, Débora Horn, João Werner Grando, Priscila Grison e Ticiani Aguiar Almeida **Projeto gráfico e editoração** Luiz Acácio de Souza e João Henrique Moço **Revisão** Sérgio Ribeiro **Fotografia** Arquivo Consórcio Machadinho e Machadinho Energética S.A. (MAESA), Aldo Toniazzo (Universidade de Caxias do Sul/Instituto Memória Histórica e Cultural/Programa Projeto ECIRS), Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente, Gislaïne Monticelli (MCT-PUC/RS), LRP Apoio Técnico, Plínio Bordin (Fotomundo), SocioAmbiental Consultores Associados e Fernando Klepzig (Zig Filmes) **Impressão** Van Moorsel **Tiragem** 1.000 exemplares.

**Consórcio Machadinho S.A. e Machadinho Energética S.A. (MAESA)**

Rua Germano Wendhausen, 203, 6º andar

Centro Executivo Beira Mar, Centro,

CEP 88015-460 – Florianópolis–SC

Fone: (48) 3222-0982

[www.machadinho.com.br](http://www.machadinho.com.br)

[www.maesa.com.br](http://www.maesa.com.br)

**Usina Hidrelétrica Machadinho**

Linha São Paulo, s/nº – Caixa Postal 3

CEP 89667-000 – Piratuba–SC

Fone: (49) 3553-6000



A construção da Usina Hidrelétrica Machadinho, no Rio Pelotas, na divisa de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, é um marco na história das hidrelétricas brasileiras. Sua implantação consolidou um novo modo de fazer usinas hidrelétricas no Brasil, por meio do estabelecimento de parcerias estratégicas, do uso de modelos inovadores, do cumprimento das obrigações legais e ambientais, da forma de financiamento e da oferta de debêntures no mercado de capitais. Este livro apresenta a Memória Técnica da implantação e operação da Usina, detalhando de maneira didática e fidedigna todos os projetos e programas executados no empreendimento. Por meio dele, o Consórcio Machadinho disponibiliza socialmente o conhecimento gerado em torno do empreendimento, uma obra de infra-estrutura de grande importância para o Brasil.

Consórcio  
**Machadinho**