

# CREA-RJ

Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Rio de Janeiro

ART

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Nº AN

81071

3ª Via - Contratante

**NATUREZA**

Obra/Serviço

Desempenho Cargo/Função

Recolhimento Agronômico

Registro de Direito Autoral

Múltipla

**FATOR GERADOR**

Ofício/Notificação

Auto de Infração

Exigência de:

Nº \_\_\_\_\_

**TIPO**

Vinculada

Substituta

Co-Responsabilidade

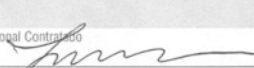
Nº da ART principal \_\_\_\_\_

<b>01</b> N.º do Registro do Profissional	MA3593 D
<b>02</b> Nome do Profissional	IVAN SOARES TELLES DE SOUZA
<b>03</b> Título do Profissional	ENGE Agrônomo
<b>04</b> Há Prof. Co-Responsável?	<input type="radio"/> sim <input checked="" type="radio"/> não
<b>05</b> Há Prof. Empr. Vinculada?	<input type="radio"/> sim <input checked="" type="radio"/> não
<b>06</b> Cód. Entidade de Classe (Tab. 1)	
<b>07</b> N.º do Registro da Empresa	2004200790
<b>08</b> Nome da Empresa	Ecology And Environment do Brasil Ltda

<b>09</b> Nome do Contratante	
RIO CORRENTES ENERGETICA LTDA	
<b>10</b> Endereço (Logradouro, Rua, Av., etc...)	AV. MAZ. MASCARENHAS DE MORAES, 3905-1º AND
<b>11</b> Bairro	JMIRIBEMA
<b>12</b> Município	RECIFE
<b>13</b> Estado	PE
<b>14</b> CEP	51.150-903

<b>15</b> N.º do Contrato	<b>16</b> Bamo (Tab. 2)	<b>17</b> Ativid. Técnicas Res. 218 (Tab. 3)	<b>18</b> Especif. da Atividade (Tab. 4)	<b>19</b> Complemento (Tab. 5)
	5101	24 49	73	125
<b>20</b> Quantificação	<b>21</b> N.º Pavt.º	<b>22</b> Data início	<b>23</b> Prazo do contrato	<b>24</b> N.º H.H.J.T.
		10-11-05	<input type="radio"/> Ind. <input checked="" type="radio"/> Det. meses 90 (dia(s))	25 Valor cont./Honorários
				R\$ 100.000,00
<b>26</b> Salário				
<b>27</b> Descrição/Informações Complementares				
Execução dos Estudos de Meio ambiente (Projeto Básico Ambiental - PBA)				

<b>28</b> Endereço da Obra/Serviço (Logradouro, Rua, Av., etc...)	<b>29</b> Bairro	<b>30</b> Município	<b>31</b> Estado	<b>32</b> CEP
Avenida Rio Branco	CENTRO	Rio de Janeiro	RJ	20090-003

<b>33</b> Data	<b>34</b> Profissional Contratado	<b>35</b> Contratante
23/01/07		Responsável de Segurança Conf. Orçat

ESTA ART SÓ É VÁLIDA COM A APRESENTAÇÃO DA GUIA DE RECOLHIMENTO QUITADA  
REMETER ESTA VIA AO CREA-RJ

---

SB

SOLICITAÇÃO DE BAIXA

ART Nº AN

81071

**MOTIVO**

Término da Obra/Serviço

Rescisão do Contrato

Outro \_\_\_\_\_

Data \_\_\_\_\_

**Data**

Nome do Requerente \_\_\_\_\_

Assinatura \_\_\_\_\_

Rua Buenos Aires nº 40 - 2º andar - Centro - Rio de Janeiro - RJ - CEP: 20.070-022

Tel: (21) 2206-9662 - TELECREA: (21) 2518-0550 - Fax: (21) 2518-0723 - www.crea-rj.org.br - crea-rj@crea-rj.org.br

Mod.201140

BANCO DO BRASIL		001-9	CREA-RJ		<b>Recibo do Sacado</b>	
LOCAL DE PAGAMENTO						
EM QUALQUER BANCO ATÉ O VENCIMENTO. NÃO RECEBER APOS VENCTO.						
CEDENTE						
CREA-RJ CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA						
DATA DO DOCUMENTO		N. DO DOCUMENTO		ESPECIE DOC	ACBITE	DATA DO PROCESSAMENTO
18.10.2006		2006335193005		RC	N	18.10.2006
USO DO BANCO	CARTERA	ESPECIE DE MOEDA	QUANTIDADE	VALOR		
	18/019	R\$		x		
INSTRUÇÕES						
Esta guia destina-se ao pagamento da ART: AN81071 PREENCHER NO CAMPO SACADO O NOME E O NÚMERO DE REGISTRO NO CREA-RJ.						
VENCIMENTO		31.01.2007				
AGÊNCIA/CODIGO CEDENTE		1769-8 / 260345-4				
NOSSE NUMERO(COD. DOCUMENTO)		20063351930059				
(*) VALOR DO DOCUMENTO						
(**) DESCONTOS/ABATIMENTO						
(***) OUTRAS DEDUÇÕES						
(***) MORA/REJETA						
(***) OUTROS ACRESCIMOS						
(*) VALOR COBRADO		R\$ 438,00				

SACADO: ECOLOGY AND ENVIRONMENT DO BRASIL LTDA

SACADOR(AVALISTA): \_\_\_\_\_

CODIGO DE BARRAS: \_\_\_\_\_

AUTENTICACAO MECANICA: \_\_\_\_\_

⑆BAR071630012007186\*\*\*\*\*438,00R012004399

BANCO DO BRASIL | 001-9 | \_\_\_\_\_ **Ficha de Caixa**



Documento  
2001.000063/07-77  
ROTOCOLO  
Data: / / Prazo: / /

DCA / COSEG / CGEAR  
RECEBIDO  
Em 16 de 02 de 07  
As 14:47 Horas  
Assinatura

Recife, 25 de Janeiro de 2007.

Ao  
**Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis – IBAMA**  
Sr. Helio dos Santos Pereira  
Secretario da Câmara de Compensação Ambiental - SECEX  
SCEN – Trecho 2 – Ed. Sede – Bl. C  
Cep 70818-900 Brasília – DF

**Projeto: PCH SANTA GABRIELA**  
**Processo: 02001.008442/2002-90**  
**Assunto: TERMO DE CONCORDÂNCIA**

Prezado Senhor

Em cumprimento à condicionante específica nº. **2.8 da Licença Ambiental Prévia 235/2006**, emitida pelo IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e retificada em **15 de dezembro de 2006**, a **Rio Correntes Energética Ltda**, com sede na cidade de Recife, Capital do Estado de Pernambuco, na Av. Marechal Mascarenhas de Moraes, 3905; 1º andar; sala 38, Imbiribeira, CEP 51150-903, inscrita no CNPJ sob o nº **07.853.806/0002-49** e Filial na cidade de Sonora, Estado do Mato Grosso do Sul, na Rod. **MS 213** KM 41, Estrada de Itiquira, Fazenda Santa Gabriela, CEP 79.415-000, inscrita com **CNPJ 07.853.806/0002-20**, vem através desta, na qualidade de titular da licença em questão, concordar com o pagamento do percentual de **0,5%** (zero vírgula cinco por cento) sobre o valor total do empreendimento, excluído o valor destinado à ações em prol do meio ambiente, conforme determina o **Art. 36 da Lei 9.985/2000**, a ser desembolsado a partir do início das obras e de acordo com o seu respectivo cronograma de desembolso.

Por oportuno, solicitamos que os dados cadastrais da Rio Correntes Energética Ltda. sejam atualizados de acordo com as informações abaixo indicadas:

**Rio Correntes Energética Ltda.**  
**CNPJ: 07.853.806/0002-49**  
Av. Marechal Mascarenhas de Moraes,  
3905; 1º andar; sala 38, Imbiribeira  
Recife – PE, CEP 51150-903  
Telefone: (81) 2121 0359 FAX (81) 2121 0375

Atenciosamente,

  
Mozart Siqueira Campos Araújo  
Presidente Executivo

# PCH SANTA GABRIELA



**OTIMIZAÇÃO DO PROJETO BÁSICO**

**TEXTO**

**PJ0620-B-R00-GR-RL-001-1A**

**NOVEMBRO/2006**







# **PCH SANTA GABRIELA**

## **OTIMIZAÇÃO DO PROJETO BÁSICO**

**TEXTO**

**PJ0620-B-R00-GR-RL-001-1A**

**NOVEMBRO/2006**

<b>REV.</b>	<b>DATA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>ELAB.</b>	<b>VISTO</b>	<b>APROV.</b>





<i>Item</i>	<i>Assunto</i>	<b>ÍNDICE</b>	<i>Página</i>
<b>1.</b>	<b>APRESENTAÇÃO</b>		
<b>2.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>		
<b>2.1.</b>	<b>OBJETIVO</b>		2.1
<b>2.2.</b>	<b>HISTÓRICO</b>		2.1
<b>2.3.</b>	<b>DADOS ANTERIORES AO PROJETO BÁSICO</b>		2.1
2.3.1.	<u>Dados Geológico-Geotécnicos</u>		2.1
2.3.2.	<u>Dados Cartográficos</u>		2.2
<b>2.4.</b>	<b>LEVANTAMENTOS REALIZADOS NO PROJETO BÁSICO</b>		2.2
2.4.1.	<u>Topográficos, Aerofotogramétricos e Batimétricos</u>		2.2
2.4.2.	<u>Geológico-Geotécnicos</u>		2.6
2.4.3.	<u>Hidrométricos</u>		2.7
<b>2.5.</b>	<b>LOCALIZAÇÃO E ACESSOS</b>		2.12
<b>2.6.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO APROVEITAMENTO</b>		2.14
<b>2.7.</b>	<b>FICHA TÉCNICA DA USINA</b>		2.15
<b>3.</b>	<b>ESTUDOS REALIZADOS NO PROJETO BÁSICO</b>		
<b>3.1.</b>	<b>ESTUDOS HIDROMETEOROLÓGICOS</b>		3.1
3.1.1.	<u>Introdução</u>		3.1
3.1.2.	<u>Caracterização da Bacia Hidrográfica</u>		3.1
3.1.3.	<u>Análise de Consistência dos Dados</u>		3.3
3.1.4.	<u>Série de Vazões Médias Mensais no Local do Aproveitamento</u>		3.14
3.1.5.	<u>Análise de Freqüência de Cheias</u>		3.16
3.1.6.	<u>Análise de Freqüência de Vazões Extremas na Estiagem</u>		3.20
3.1.7.	<u>Estudos de Enchimento do Reservatório</u>		3.22
3.1.8.	<u>Estudos de Remanso do Reservatório</u>		3.24
3.1.9.	<u>Estudos Sedimentológicos</u>		3.27
3.1.10.	<u>Determinação da Curva-Chave do Canal de Fuga</u>		3.33
<b>3.2.</b>	<b>ESTUDOS GEOLÓGICOS, GEOTÉCNICOS E DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO</b>		3.34
3.2.1.	<u>Geologia Regional</u>		3.34
3.2.2.	<u>Geomorfologia</u>		3.38
3.2.3.	<u>Aspectos Geológico-Geotécnicos Locais</u>		3.38
3.2.4.	<u>Condicionantes Geológico-Geotécnicos para as Estruturas Hidráulicas</u>		3.39
3.2.5.	<u>Materiais Naturais de Construção e Bota-Fora</u>		3.40

<b>4.</b>	<b>DETALHAMENTO DO PROJETO</b>	
4.1.	<b>ARRANJO GERAL DO PROJETO</b>	4.1
4.2.	<b>DESVIO DO RIO</b>	4.1
4.3.	<b>VERTEDOIRO</b>	4.2
4.4.	<b>BARRAGENS DE TERRA</b>	4.2
4.5.	<b>MUROS DE CONCRETO</b>	4.4
4.5.1.	<u>Muro de Encosto da Barragem</u>	4.4
4.5.2.	<u>Muro de Gravidade</u>	4.4
4.5.3.	<u>Muro Divisor</u>	4.4
<b>4.6.</b>	<b>CIRCUITO HIDRÁULICO DE GERAÇÃO</b>	4.4
4.6.1.	<u>Tomada d'Água do Canal de Adução</u>	4.4
4.6.2.	<u>Canal de Adução e Câmara de Carga</u>	4.4
4.6.3.	<u>Tomada D'Água dos Conduitos e Conduitos Forçados</u>	4.5
4.6.4.	<u>Casa de Força</u>	4.5
<b>4.7.</b>	<b>EQUIPAMENTOS MECÂNICOS PRINCIPAIS</b>	4.5
4.7.1.	<u>Turbinas e Reguladores</u>	4.5
4.7.2.	<u>Equipamentos Mecânicos da Tomada d'Água do Canal de Adução</u>	4.7
4.7.3.	<u>Equipamentos Mecânicos do Desvio e da Descarga de Fundo</u>	4.9
4.7.4.	<u>Equipamentos Mecânicos da Tomada d'Água do Conduto</u>	4.10
4.7.5.	<u>Equipamentos Mecânicos da Casa de Força</u>	4.14
4.7.6.	<u>Conduitos Forçados</u>	4.16
4.7.7.	<u>Válvulas Borboletas</u>	4.17
4.7.8.	<u>Características Operacionais da Válvula</u>	4.17
<b>4.8.</b>	<b>EQUIPAMENTOS E SISTEMAS ELÉTRICOS</b>	4.17
4.8.1.	<u>Geradores</u>	4.17
4.8.2.	<u>Transformadores Elevadores</u>	4.18
4.8.3.	<u>Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC)</u>	4.19
4.8.4.	<u>Sistema de Proteção</u>	4.20
4.8.5.	<u>Sistemas Auxiliares Elétricos</u>	4.20
4.8.6.	<u>Sistema de Iluminação</u>	4.22
4.8.7.	<u>Sistema de Aterramento e Proteção Contra Descargas Atmosféricas</u>	4.22
4.8.8.	<u>Sistema de Telecomunicações</u>	4.23
4.8.9.	<u>Subestação de Manobra</u>	4.24
4.8.10.	<u>Interligação da Casa de Força à Subestação</u>	4.24
4.8.11.	<u>Linha de Transmissão</u>	4.24

# 1. APRESENTAÇÃO



O objetivo deste documento é a apresentação das otimizações do projeto básico da PCH Santa Gabriela, visando a licitação das obras de implantação da usina, localizada no rio Correntes, na divisa dos estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso.

A empresa proprietária da autorização para a implantação da PCH Santa Gabriela é a SANTA GABRIELA HOLDING LTDA, do Grupo Brennand Energia.

Os estudos desenvolvidos foram consolidados em 2 volumes conforme descrito abaixo:

- Volume 1 - Texto
- Volume 2 – Desenhos



## 2. INTRODUÇÃO





## 2.1. OBJETIVO

O presente relatório apresenta os estudos de otimização do Projeto Básico desenvolvidos para a PCH Santa Gabriela, no rio Correntes, situada na divisa entre os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, e tem o objetivo de orientar as empresas proponentes na elaboração das propostas para a implementação do empreendimento.

## 2.2. HISTÓRICO

As atividades para os estudos de otimização do projeto iniciaram-se com uma viagem de reconhecimento de campo, onde foram observadas as principais peculiaridades do local de implantação das obras propostas no Projeto Básico da usina.

Na seqüência, foram programados serviços de campo complementares, consistindo em:

- Identificação dos marcos geodésicos oficiais na região;
- Transporte de coordenadas E, N e H; a partir de RN's e Vértices Oficiais de primeira ordem do IBGE;
- Instalação de, no mínimo, quatro marcos topográficos em concreto, sendo dois na região do barramento e dois na região da casa de força;
- Levantamento topográfico da região de interesse para a implantação das obras, acampamento e canteiro de obras;
- Amarração planialtimétrica das investigações geológico-geotécnicas e hidrométricas a serem programadas;
- Programação de investigações geológico-geotécnicas complementares na região do barramento, canal de adução, câmara de carga, tomada d'água, condutos e casa de força;
- Pesquisa de materiais naturais de construção em fontes alternativas às identificadas no Projeto Básico, através de viagem de campo específica;
- Verificação dos estudos hidrológicos com base nos dados disponíveis.

## 2.3. DADOS ANTERIORES AO PROJETO BÁSICO

### 2.3.1. Dados Geológico-Geotécnicos

Os seguintes documentos foram utilizados como referência no Projeto Básico:

- Base de dados de projetos aerogeofísicos do Brasil / CPRM - Projeto 2025 - Rondonópolis realizado pela Nuclebrás em 1976.
- Projeto RADAMBRASIL - Levantamento de Recursos Naturais, vol. 27, Folha SE.21 -

Corumbá e parte da Folha SE.20, realizado pelo MME/DNPM, na escala 1:1.000.000, em 1982.

- Estudos de Viabilidade da Bacia do Rio Correntes - Tomos 1 a 5, elaborado pela Union Engenharia em 1995.
- Fotografias aéreas nº 272, 273 e 274, na escala 1:10.000, confeccionadas pela empresa Topocart Topografia e Engenharia em 2001.

### 2.3.2. Dados Cartográficos

Foram considerados como dados básicos para os levantamentos topográficos os seguintes documentos:

- Estudos de Viabilidade dos Aproveitamentos Hidrelétricos Ponte de Pedra, Água Enterrada e Taboca - Tomos 1 a 5, elaborado pela Union Engenharia em Abril de 1995;
- Fotos aéreas AST-10, escala 1:60.000, realizado em 1966/1970 pela USAF;
- Cartas elaboradas pela Divisão de Serviço Geográfico (DSG) do Exército na escala 1:250.000:
  - Itiquira (MIR-419)
  - Mineiros (MIR-420)
- Cartas DSG na escala 1:100.000:
  - Córrego Cachoeira (MI-2325)
  - Itiquira (MI-2326)
  - Rio Itiquira (MI-2327)
  - Córrego Benjamin (MI-2363)
  - Serra Preta (MI-2364)
  - Vila de Buriti (MI-2365)

## 2.4. LEVANTAMENTOS REALIZADOS NO PROJETO BÁSICO

### 2.4.1. Topográficos, Aerofotogramétricos e Batimétricos

#### 2.4.1.1. Aerofotogramétricos

Os serviços executados correspondem a:

- Recobrimento Aerofotogramétrico Preto e Branco (P&B), na escala 1:10.000, da área das estruturas e do reservatório;
- Implantação de uma rede de referência cartográfica por meio de vértices materializados por marcos de concreto e rastreados por “Global Position System” (GPS) geodésico, em toda a região de estudo;

- Transporte de altitude para os pontos da Rede de Coordenadas Cartográficas (RCC) por meio de GPS;
- Apoio terrestre por meio de pontos planialtimétricos levantados por GPS geodésico a partir de vértices da RCC implantada;
- Restituição aerofotogramétrica, na escala de 1:5.000, com curvas de 2 em 2m da área de interesse.

Os pontos do apoio básico e suplementar devem possuir coordenadas planimétricas e altimétricas determinadas de acordo com o Sistema Cartográfico Brasileiro. O referencial altimétrico do IBGE coincide com a superfície equipotencial que contém o nível médio dos mares, definido pelas observações maregráficas tomadas na baía de Imbituba-SC.

Desta forma, foram utilizados os seguintes vértices:

— Planimetria:

- RONDA

Coordenada Geográfica (SAD69)		Coordenada Plana UTM (SAD69)		
Latitude (S)	Longitude (WGr)	E (m)	N (m)	H (m)
17° 49' 33.2888"	54° 28' 51.4572"	767.003,928	8.027.270,106	

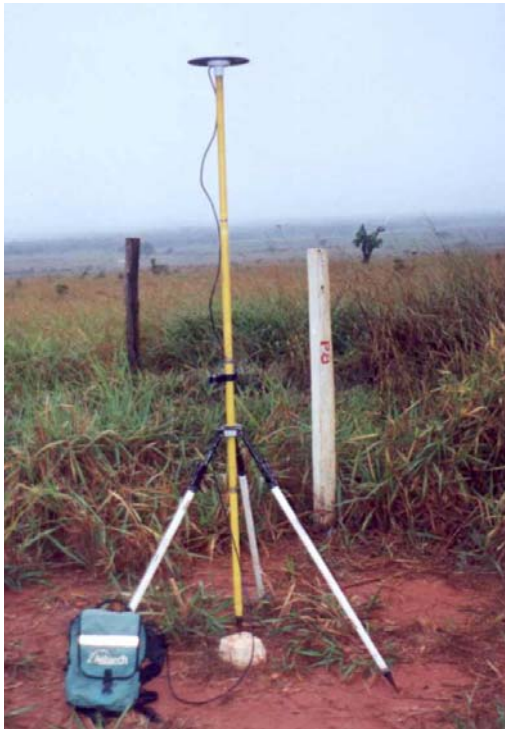
— Altimetria:

RN1203-D - Altitude: 442,7240 m

RN1205-C - Altitude: 198,6647 m

P8 - Altitude: 436,697 m

RN P8



RN1205-C



A restituição das feições de interesse foi executada por meio de sistema semi-analítico (estereorestituidores analógicos equipados com “*triaxis*” e “*encoders*” associados a uma estação gráfica dotada de sistema MaxiCAD). Os dados obtidos por tal sistema foram então armazenados em arquivos digitais do tipo .CAD (arquivo de dados do MaxiCAD).

O processo de restituição usando estações gráficas sob MaxiCAD requereu, antecipadamente, uma preparação e montagem de códigos INI. As duas principais etapas desta fase foram a montagem dos níveis de projeto e do menu de restituição.

Na montagem dos níveis de projeto, ou níveis de informação, adotou-se a normatização da Câmara Técnica de Cartografia e Geoprocessamento - CTCG do Estado do Paraná. A escolha desta padronização se justifica pela ampla utilização da mesma pela maioria das empresas de aerolevantamento do País. Adotou-se a normatização para a escala 1:5000.

Foram restituídos todos os detalhes planimétricos de interesse existentes na área, tais como: cercas, linhas elétricas, edificações, estradas, limites de vegetações, etc., e altimétricos, que são as curvas de nível e pontos cotados nas regiões de singularidade.

A edição do modelo restituído consistiu, basicamente, em correções do material digital gerado na restituição, montagem da planta geral, articulação e montagem das folhas parciais.

#### 2.4.1.2. Topográfico

A partir do apoio básico planialtimétrico implantado, foram desenvolvidas poligonais eletrônicas de levantamento, materializadas por piquetes de madeira com estaca

testemunha para identificação, que se desenvolveram ao longo das áreas de projeto, atravessando o rio e adentrando-se no brejo nas áreas a serem levantadas. Foram identificados no campo e irradiados, pontos notáveis para que se obter uma visão precisa da área de projeto.

Foi levantada uma área total de 35,2118ha, englobando a área do Barramento, Circuito Hidráulico de Geração e Casa de Força sendo produzido desenho na escala 1:1.000 com curvas a cada 1m.

Foram ainda implantados marcos de concreto para a amarração planialtimétrica no Barramento e Casa de Força;

Todas as operações de campo e de escritório foram executadas de forma automatizada com equipamentos modernos de medição: estação total acoplada a coletor de dados eletrônico bem como o processamento feito em software específico de topografia e desenhos elaborados em CAD.

#### 2.4.1.3. Topobatimétrico

Foram executadas 15 (quinze) seções topobatimétricas para os estudos de remanso e assoreamento do reservatório, possibilitando o estudo de definição de NA ótimo no reservatório e curva-chave no Canal de Fuga.

Para levantamento das seções topobatimétricas ao longo do Rio Corrente, utilizou-se o seguinte critério: implantar dois vértices nos extremos das seções definindo-as, o levantamento das seções e caracterizado com as irradiações de pontos planialtimétricos e indicados a natureza dos mesmos ( rocha, pedra, areia, NA,etc.) definidos em campo.

SEÇÃO	LOCALIZAÇÃO
ST-01	Canal de Fuga
ST-02	Canal de Fuga
ST-03	Região do Eixo
ST-04	Região do Eixo
ST-05	Região do Eixo
ST-06	Ilha
ST-07	Rio Comprido
ST-08	Área do Reservatório
ST-09	Área do Reservatório
ST-10	Área do Reservatório
ST-11	Área do Reservatório
ST-12	Área do Reservatório
ST-13	Área do Reservatório
ST-14	Área do Reservatório
ST-15	Área do Reservatório

## 2.4.2. Geológico-Geotécnicos

Na área do Aproveitamento Hidrelétrico de Santa Gabriela foram executados os seguintes serviços durante os estudos do Projeto Básico:

- Quinze sondagens mistas perfazendo um total de 244,11m de perfuração, sendo 93,69m em rocha e 150,42m em solo, 9 ensaios de infiltração em solos e vinte ensaios de perda d'água em rocha;
- Onze sondagens à percussão perfazendo um total de 55,77m de perfuração em solo e 23 ensaios de infiltração;
- Quinze sondagens a trado de 4m de profundidade perfazendo um total de 60m de perfuração para investigação de materiais de empréstimo;
- Ensaios de laboratório para caracterização de 3 amostras de solo (aterro da barragem) e 2 amostras de areia (concreto/filtro).

O resumo dos quantitativos executados das sondagens mistas e à percussão está indicado na Tabela 2.1, enquanto o desenho ST-651-B-DB-G26-052 apresenta a planta de localização dessas investigações.

**Tabela 2.1**  
**Resumo das Sondagens Realizadas**

Sonda-gens	Local	CoordenadasUTM(m)		Cota de Topo (m)	Inclinação com vertical	Metragem perfurada			Ensaio de permeabilidade	
		N				Solo	Rocha	Total	Inf.	EPA
SM-1	Barragem O.D.	8.059.315,00	772.588,00	457,88	0°	7,08	7,96	15,04	-	2
SM-2	Barragem O.D.	8.059.280,00	772.600,00	457,57	45°	3,17	10,03	13,20	-	2
SM-3	Barragem O.D.	8.059.240,00	772.635,00	457,86	45°	5,20	8,08	13,28	-	2
SM-4	Barragem O.E.	8.059.195,00	772.560,00	457,20	45°	2,31	8,00	10,31	-	2
SM-5	Barragem O.E.	8.059.160,00	772.605,00	457,47	45°	3,24	7,00	10,24	-	2
SM-6	Tomada d'água	8.059.125,00	772.575,00	465,04	0°	5,03	10,04	15,07	-	2
SM-7	Canal de adução	8.059.431,34	772.316,96	465,18	0°	8,05	10,00	18,05	4	2
SM-8	Canal de adução	8.059.449,87	772.143,70	464,15	0°	10,05	6,92	16,97	5	2
SM-9	Canal de adução	8.059.359,20	771.974,69	465,05	0°	21,83	-	21,83	-	-
SM-10	Canal de adução	8.059.350,56	771.772,56	465,43	0°	6,05	10,98	17,03	-	3
SM-11	Câmara de Carga	8.059.576,52	771.568,47	457,65	0°	4,05	9,95	14,00	-	1
SM-12	Casa de Força	8.059.635,10	771.566,78	428,00	0°	16,44	1,61	18,05	-	-
SM-13	Casa de Força	8.059.620,66	771.538,93	431,01	0°	13,83	2,39	16,22	-	-
SM-14	Casa de Força	8.059.632,57	771.500,43	424,21	0°	33,82	-	33,82	-	-
SM-15	Canal de Fuga	8.059.661,00	771.535,00	418,19	0°	10,27	0,73	11,00	-	-
SP-1	Barragem O.D	8.059.290,00	772.635,00	459,45	0°	1,32	-	1,32	-	-
SP-1A	Barragem O.D	Deslocamento de 2m			0°	3,06	-	3,06	2	-
SP-2	Barragem O.D	8.059.370,00	772.588,00	460,16	0°	1,30	-	1,30	-	-
SP-2A	Barragem O.D	Deslocamento de 2m			0°	2,03	-	2,03	1	-

**Tabela 2.1 (continuação)  
Resumo das Sondagens Realizadas**

Sonda-gens	Local	CoordenadasUTM(m)		Cota de Topo (m)	Inclinação com vertical	Metragem perfurada			Ensaio de permeabilidade	
		N				Solo	Rocha	Total	Inf.	EPA
SP-3	Barragem O.D	8.059.345,00	772.678,00	462,77	0°	4,18	-	4,18	2	-
SP-3A	Barragem O.D	Deslocamento de 2m			0°	3,79	-	3,79	2	-
SP-4	Barragem O.E	8.059.090,00	772.565,00	469,17	0°	3,05	-	3,05	2	-
SP-4A	Barragem O.E	Deslocamento de 2m			0°	3,46	-	3,46	2	-
SP-5	Canal de Adução	8.059.235,00	772.464,00	464,21	0°	4,14	-	4,14	2	-
SP-6	Canal de Adução	8.059.471,17	772.228,17	464,1	0°	6,10	-	6,10	3	-
SP-7	Canal de Adução	8.059.401,00	772.059,66	465,28	0°	6,74	-	6,74	3	-
SP-8	Canal de Adução	8.059.343,90	771.878,52	465,76	0°	5,58	-	5,58	2	-
SP-9	Canal de Adução	8.059.405,06	771.682,81	464,34	0°	3,19	-	3,19	1	-
SP-9A	Canal de Adução	Deslocamento de 2m			0°	3,09	-	3,09	1	-
SP-10	Canal de Adução	8.059.509,00	771.615,00	461,3	0°	0,40	-	0,40	-	-
SP-10A	Canal de Adução	Deslocamento de 2m			0°	0,51	-	0,51	-	-
SP-11	Canal de aproximação	8.059.110,00	772.670,00	461,85	0°	5,83	-	5,83	-	-
TOTAL						208,19	93,69	301,88	32	20

LEGENDA

O.D. - OMBREIRA DIREITA  
O.D. - OMBREIRA ESQUERDA  
INF. - INFILTRAÇÃO  
EPA - ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA

### 2.4.3. Hidrométricos

A fim de fornecer subsídios aos estudos hidrometeorológicos do aproveitamento, ora em questão, fez-se necessária a instalação de um posto fluviométrico na região do futuro Canal de Fuga.

Face à dificuldade de se efetuar as leituras diárias (7:00 e 17:00 horas) nas réguas limnimétricas pertencentes ao posto fluviométrico, acima referido, devido à inexistência de moradores nas proximidades do local escolhido para a sua implantação, optou-se pela utilização de um linígrafo mecânico, de registro gráfico em papel contínuo, com autonomia de funcionamento de 40 (quarenta) dias, avanço do papel gráfico de 2,5 mm/hora e escala de redução gráfica de 1:10.

Esse equipamento foi instalado na margem do rio, em local protegido de erosões, para que não houvesse comprometimento de sua estabilidade e, conseqüentemente, alteração na qualidade dos dados. A instalação e o início da operação do posto data de 05/10/2001 e o mesmo apresenta as seguintes características:

- Poço Tranqüilizador, composto de tubo de aço de 500 (quinhentos) milímetros de diâmetro, fechado em sua extremidade inferior e comunicando-se com o rio, através de duas Tomadas D'água, uma superior na El. 1.763 mm e uma inferior na El. 965



mm, relação ao “zero” do posto. Ambas são formadas por tubos de 4 (quatro) polegadas de diâmetro.

- Abrigo metálico, acoplado na extremidade superior do Poço Tranqüilizador com a mesa do linígrafo na El. 5.790 mm, em relação ao “zero” do posto;
- Escada metálica, do tipo marinho, para acesso ao linígrafo.

Logo após o início da operação do posto fluviográfico de Santa Gabriela, em 17/10/01, foram efetuadas quatro medições de descarga líquida. Essas medições foram realizadas em sentidos contrários sucessivos margem a margem, utilizando-se o método convencional (dois pontos em cada vertical). Os equipamentos empregados na execução desse serviço foram molinete hidrométrico da marca “IH”, lastro de 25 kg e guincho fluviométrico.

Em 18/11/01, nova campanha de medições foi empreendida, tendo sido realizadas mais duas medições de descarga líquida. Os resultados das medições de descarga líquida, obtidos até a presente data, estão listados na Tabela 2.2, a seguir:

**Tabela 2.2**  
**Resumo das Medições de Descarga**

Data	Hora Início	Número de verticais	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Velocidade Média (m/s)	Área (m <sup>2</sup> )	Largura (m)	Profundidade Média (m)	Cota Média (m)
17/10/2001	09:45	25	70,03	0,773	90,64	24,00	3,78	1,94
17/10/2001	11:00	17	69,06	0,776	89,01	24,00	3,71	1,94
17/10/2001	14:15	17	66,76	0,750	89,06	24,00	3,71	1,93
17/10/2001	15:10	19	67,89	0,773	87,80	24,00	3,66	1,93
18/11/2001	16:30	17	80,21	0,910	87,93	24,00	3,66	2,00
18/11/2001	17:50	17	79,91	0,880	90,43	24,00	3,77	2,00

Quando da realização das duas primeiras medições de descarga líquida, foram efetuadas, também, medições de descarga sólida em suspensão (com tomada de amostra em seis verticais para cada medição) e coleta de material de fundo, para caracterização da granulometria do sedimento.

Os ensaios dessas amostras de sedimentos foram efetuados no laboratório da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica do Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo - DAEE/SP.

O método adotado para a determinação da concentração do material sólido em suspensão foi o da “Filtração por Gravidade”. Os resultados das duas medições processadas até o momento encontram-se apresentados nas Tabelas 2.3 e 2.4, sendo a distribuição das concentrações ao longo da seção transversal do rio Correntes ilustrada na Figura 2.5.

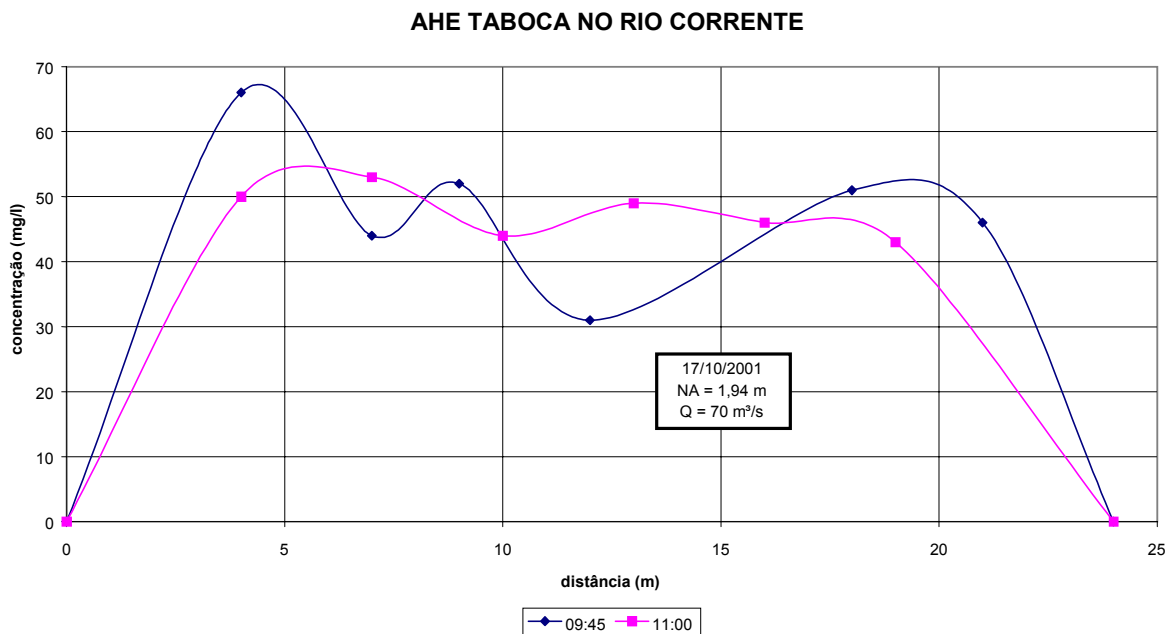
**Tabela 2.3**  
**Análise das Concentrações de Material Sólido em Suspensão I**

<b>Rio: CORRENTE</b>				
<b>Local: AHE SANTA GABRIELA</b>				
<b>Data da Coleta: 17/10/2001</b>				
<b>Medição Iniciada na Margem Esquerda</b>				
<b>Leitura da Escala: Início 1,94m - 09:45h</b>				
<b>Fim 1,94m - 11:00h</b>				
<b>Data da Análise: 05/11/01</b>				
<b>VERTICAL</b>	<b>AMOSTRA N°</b>	<b>DISTÂNCIA DO P.I. (m)</b>	<b>PROFUNDIDADE (m)</b>	<b>CONCENTRAÇÃO (mg/l)</b>
01	238	21,5	3,75	66
02	237	24,5	4,36	44
03	236	26,5	4,80	52
04	235	29,5	4,88	31
05	234	38,5	4,70	51
06	233	35,5	4,73	46

**Tabela 2.4**  
**Análise das Concentrações de Material Sólido em Suspensão II**

<b>Rio: CORRENTE</b>				
<b>Local: AHE SANTA GABRIELA</b>				
<b>Data da Coleta: 17/10/2001</b>				
<b>Medição Iniciada na Margem Esquerda</b>				
<b>Leitura da Escala: Início 1,94m - 11:00h</b>				
<b>Fim 1,94m - 11:50h</b>				
<b>Data da Análise: 05/11/01</b>				
<b>VERTICAL</b>	<b>AMOSTRA N°</b>	<b>DISTÂNCIA DO P.I. (m)</b>	<b>PROFUNDIDADE (m)</b>	<b>CONCENTRAÇÃO (mg/l)</b>
01	230	9,0	4,18	43
02	231	12,0	4,74	46
03	232	15,0	4,84	49
04	240	18,0	4,80	44
05	229	21,0	4,40	53
06	239	24,0	3,57	50

**Figura 2.5**  
**Distribuição da Concentração de Sólidos em Suspensão**

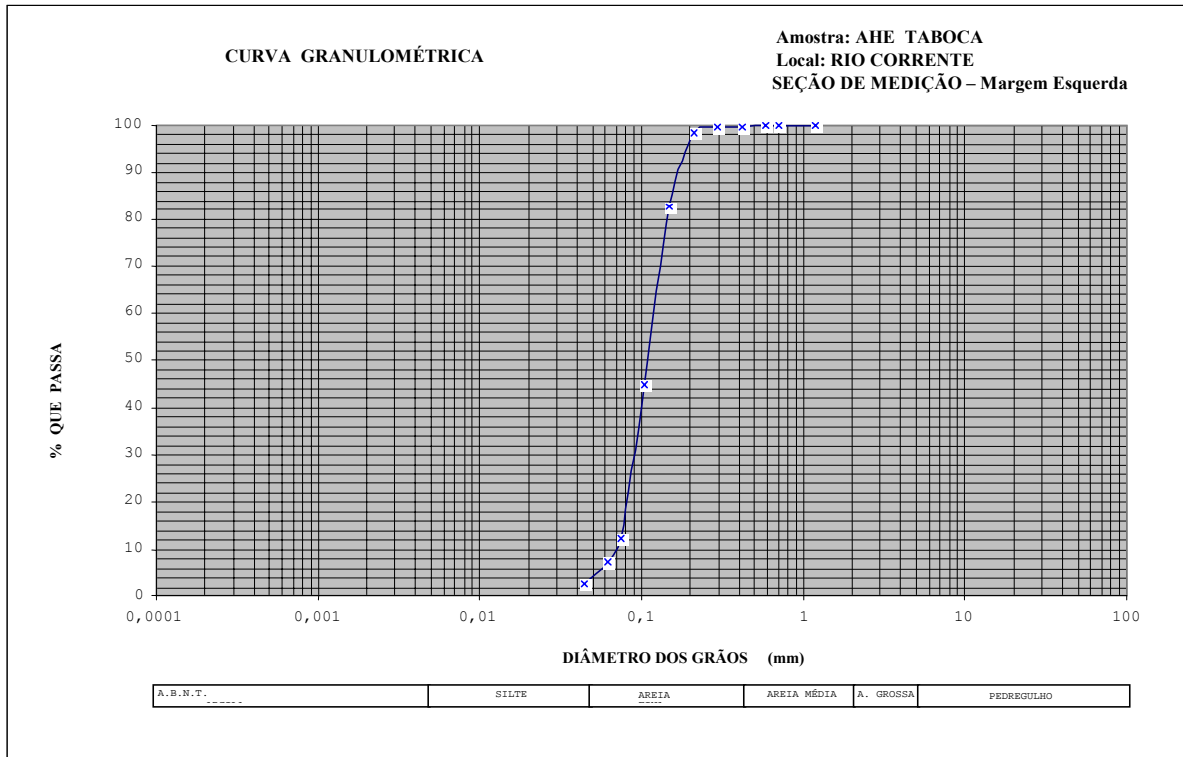


A metodologia usada para as análises granulométricas do material de fundo foi a do peneiramento, seguindo as normas da ABNT para análise granulométrica de solos, NBR 7181.

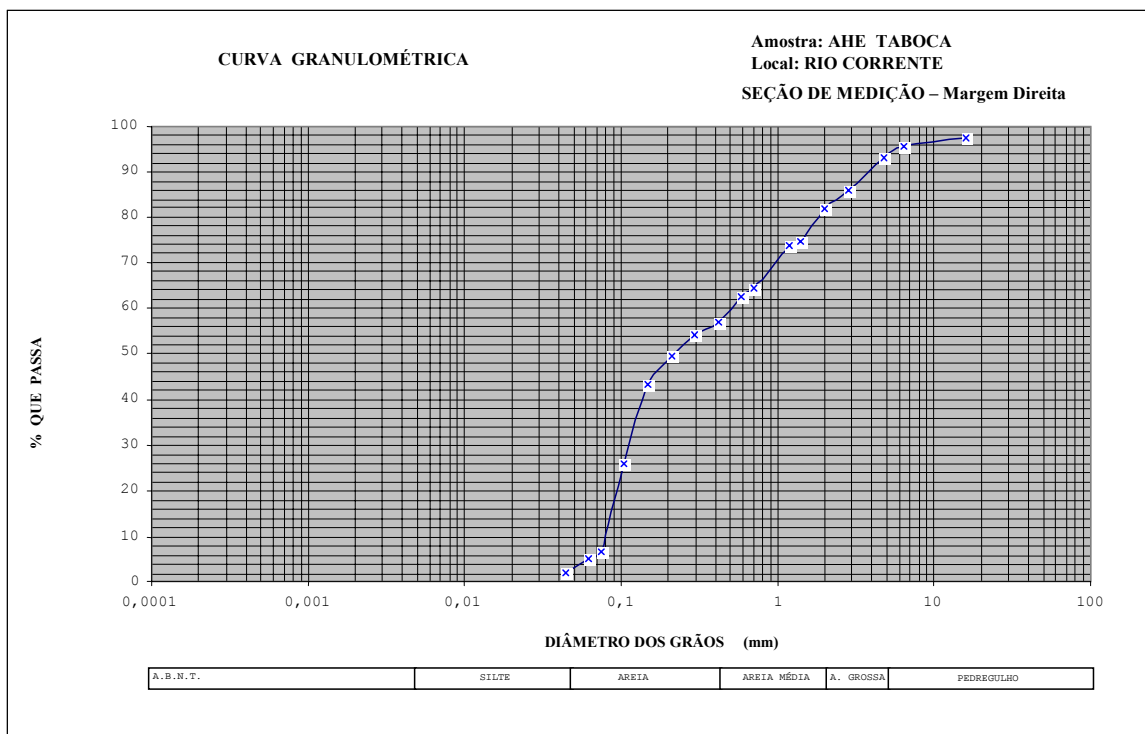
A coleta de amostras de sólidos de fundo foi efetuada em dois pontos, uma a 10 (dez) metros da margem direita e a outra a 8 (oito) metros da margem esquerda no alinhamento da seção de medição. Para a coleta das amostras foi utilizada a draga apropriada. As Figuras 2.6 e 2.7 apresentam as curvas granulométricas do material de fundo correspondentes às duas amostras coletadas.

A campanha de campo deverá ser prolongada durante a cheia de 2001/2002, quando será aprimorada a curva-chave obtida, com a introdução de medições de vazões mais elevadas. Estão sendo também realizados estudos de consistência dos dados do posto fluviométrico da Ponte BR-163, de modo a empregar estes dados para uma definição mais precisa da curva-chave em questão, bem como recuperação da série fluviométrica local para o período mais recente, ainda sob suspeita de inconsistência.

**Figura 2.6**  
**Curva Granulométrica - Rio Correntes Seção de Medição Margem Esquerda**



**Figura 2.7**  
**Curva Granulométrica - Rio Correntes Seção de Medição Margem Direita**



## 2.5. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

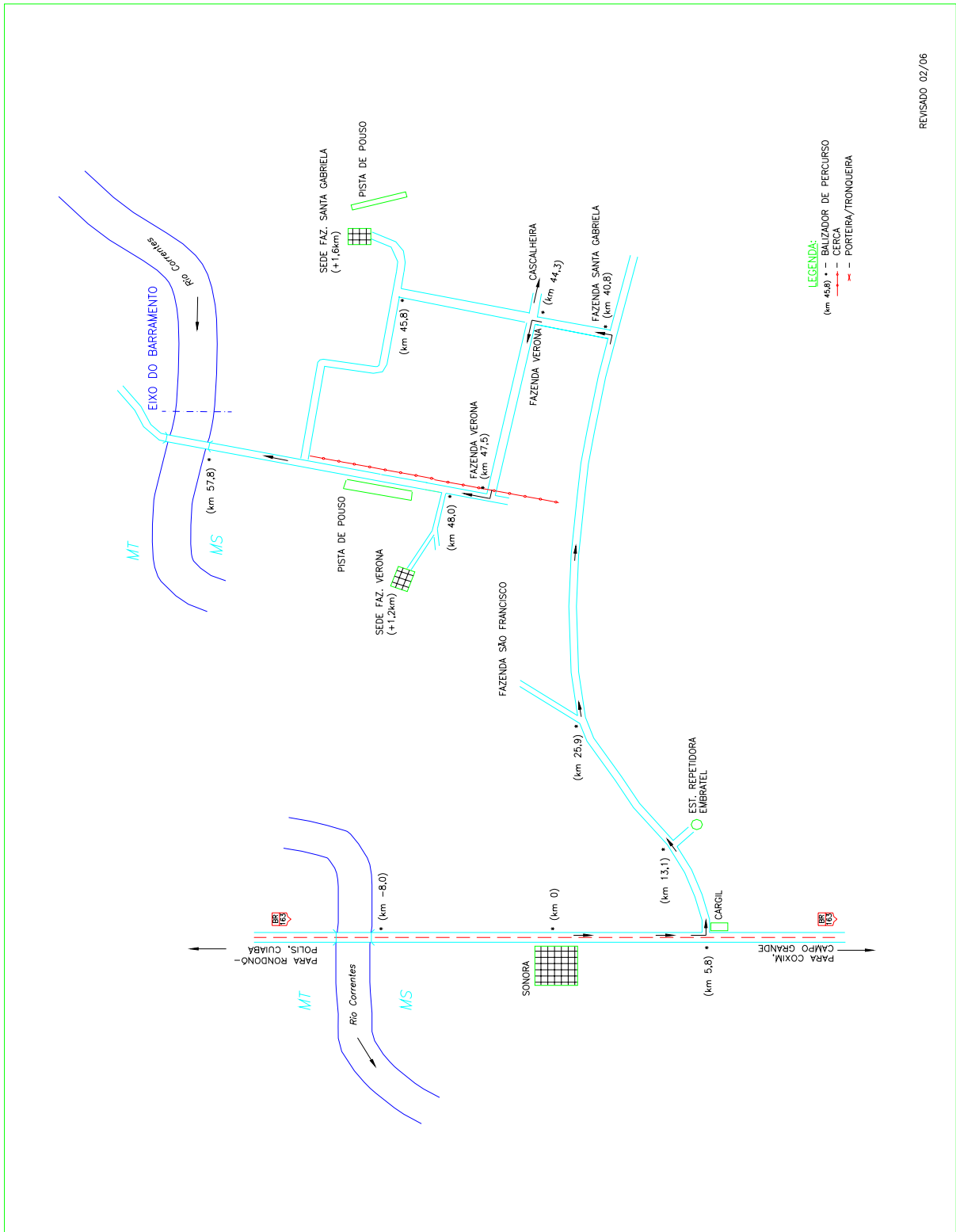
A PCH Santa Gabriela localiza-se no rio Correntes, próximo às cidades de Itiquira, no Mato Grosso e Sonora, no Mato Grosso, com coordenadas geográficas aproximadas 17°32'15"S e 54°26'00"W.

O acesso ao local é possível a partir de Cuiabá, capital do Estado do Mato Grosso, pela rodovia federal BR-364 até Rondonópolis e daí pela BR-163, sentido Campo Grande, até a cidade de Sonora, já no estado de Mato Grosso do Sul, em um percurso de 330 km.

A partir de Campo Grande, capital do Estado do Mato Grosso do Sul, o acesso também é feito pela BR-163 até Sonora, distante cerca de 360km.

A cidade de Sonora, com cerca de 10.000 habitantes, serve como ponto de apoio, dispondo de 5 hotéis.

A partir do trevo de Sonora (MS), seguindo pela BR-163 por 5,8km em direção à Campo Grande, junto ao depósito de grãos da Cargil, toma-se a rodovia estadual MS-203/407, não pavimentada mas com boas condições de trafegabilidade, sentido Itiquira. Nesta estrada, percorre-se 40,8km até atingir a entrada para a Fazenda Santa Gabriela, propriedade situada na margem esquerda do rio Correntes. Toma-se, então, a estrada de acesso à fazenda. Percorridos 5km há um entroncamento, onde, deve-se seguir pela esquerda por mais 6,6km até um novo entroncamento ao lado de uma caixa d'água. Neste, toma-se a estrada para a direita, atravessando uma porteira. Cerca de 6,4km adiante está situada a ponte sobre o rio Correntes, na divisa dos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. O eixo proposto para o AHE Santa Gabriela está localizado cerca de 200m a montante da ponte.



REVISADO 02/06

A região dos estudos não dispõe de acessos hidroviários. Os aeroportos mais próximos à região, com linhas regulares, são os de Campo Grande-MS e Cuiabá-MT. Existem, ainda, aeródromos em Coxim (MS) e Rondonópolis (MT) e pista de pouso na Fazenda Santa Gabriela.

## **2.6. CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO APROVEITAMENTO**

A PCH Santa Gabriela é caracterizada pela construção de uma barragem de pequena altura, a montante da série de corredeiras do rio Correntes, que formará um reservatório com cerca de 70ha de área para o nível d'água normal de operação, na El. 459,00m.

O arranjo desenvolvido para a PCH aproveita toda a queda natural num trecho de cerca de 1,2 km do Rio Correntes, que é da ordem de 41 metros.

O arranjo é composto por 3 áreas bem distintas: área do barramento, área do canal e área da Casa de Força.

A região do barramento é constituída por um Vertedouro de soleira livre no leito do rio, uma Barragem de Terra fechando a ombreira direita e, na margem esquerda, uma Tomada d'Água do Canal. Entre esta Tomada d'Água e o Vertedouro encontram-se a Estrutura de Desvio do rio e dois Muros de Concreto completando o barramento do rio.

Na área do Canal de Adução a única particularidade é ponte da rodovia MS-407, que deverá ser construída sobre o Canal de Adução, no seu terço de montante. Na extremidade jusante do Canal será construída uma Câmara de Carga e a Tomada d'Água dos Conduitos.

Na região da Casa de Força encontram-se os Conduitos Forçados, a Casa de Força, com 3 turbinas Francis de eixo horizontal, e o Canal de Fuga.

O reservatório deverá operar com o nível d'água normal na El. 459,00 m e, para a vazão de projeto, correspondente à cheia decamilar atingirá a El. 462,00m.

A PCH Santa Gabriela terá potência instalada de 24MW, com 3 máquinas de 8,00 MW.

## 2.7. FICHA TÉCNICA DA USINA

<b>PCH SANTA GABRIELA</b>																							
<b>FICHA TÉCNICA</b>																							
<b>IDENTIFICAÇÃO</b>																							
Nome da Usina				<i>PCH Santa Gabriela</i>				Empresa				<i>Santa Gabriela Holding Ltda</i>											
Potência Instalada (MW)				<b>24,0</b>				Finalidade				<i>Produção Independente de Energia Elétrica</i>											
Fase				<i>Otimização do Projeto Básico</i>				Data				<i>Setembro / 2006</i>											
<b>LOCALIZAÇÃO</b>																							
Município Margem Direita - MD				<i>Itiquira</i>				Curso d'água				<i>Rio Correntes</i>											
Município Margem Esquerda - ME				<i>Sonora</i>				Sub-Bacia / Código				<i>Alto rio Paraguai / 66</i>											
Estado MD				<i>Mato Grosso</i>				Estado ME				<i>Mato Grosso do Sul</i>											
Latitude				<i>17° 32' 15" S</i>				Longitude				<i>54° 26' 00" W</i>											
								Bacia / Código				<i>Rio Paraná / 6</i>											
								Distância da Foz (km)				<i>109,0</i>											
<b>POTÊNCIA E ENERGIA</b>																							
Potência Instalada (MW)				<b>24,0</b>				Energia Média (MWmed)				<b>18,74</b>											
Queda Bruta (m)				<b>42,28</b>				Energia Firme (MWmed)				<b>16,969</b>											
Queda Líquida Nominal (Queda de Referência m)				<b>40,70</b>				Fator de Capacidade - Energia Média (%)				<b>78,08</b>											
Vazão Nominal Unitária (m³/s)				<b>22,37</b>				Fator de Capacidade - Energia Firme (%)				<b>70,70</b>											
<b>DADOS CARTOGRÁFICOS</b>																							
<b>PRODUTOS CARTOGRÁFICOS DE REFERÊNCIA</b>																							
PRODUTO			FONTE			IDENTIFICAÇÃO			DATA		CARACTERÍSTICAS												
<i>Carta Topográfica</i>			<i>DSG</i>			<i>Itiquira</i>			<i>1982</i>														
<i>Restituição Aerofotogramétrica</i>			<i>Topocart Topografia e Engenharia S/C</i>						<i>2001</i>														
<i>Base Topográfica</i>			<i>Topocart Topografia e Engenharia S/C</i>						<i>2001</i>														
<b>DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS</b>																							
<b>POSTOS HIDROMETEOROLÓGICOS DE REFERÊNCIA</b>																							
CÓDIGO ANEEL		NOME				RIO		PERÍODO			AD (km <sup>2</sup> )												
<i>24100000</i>		<i>Cachoeira Grande</i>				<i>Araguaia</i>		<i>abri/31 -</i>			<i>4.537</i>												
<i>66380000</i>		<i>São João da Cipa</i>				<i>São Lourenço</i>		<i>jun/66 -</i>			<i>3.674</i>												
<i>66450001</i>		<i>Rondonópolis</i>				<i>Vermelho</i>		<i>nov/65 -</i>			<i>11.995</i>												
<i>66455000</i>		<i>Ponte de Pedra</i>				<i>Ponte de Pedra</i>		<i>jul/79 - abr/86</i>			<i>1.780</i>												
<i>66475000</i>		<i>Piquiri</i>				<i>Piquiri</i>		<i>ago/71 - mai/77</i>			<i>1.210</i>												
<i>66480000</i>		<i>Estrada BR-163</i>				<i>Piquiri</i>		<i>jun/69 - dez/88</i>			<i>3.240</i>												
<i>66490000</i>		<i>Estrada BR-163</i>				<i>Correntes</i>		<i>jun/69 -</i>			<i>3.997</i>												
<i>66520000</i>		<i>Itiquira</i>				<i>Itiquira</i>		<i>mai/71 -</i>			<i>2.872</i>												
<i>66525000</i>		<i>Estrada BR-163</i>				<i>Itiquira</i>		<i>jun/69 - dez/91</i>			<i>5.100</i>												
<b>CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS MENSASIS - Período JAN/31 até Dez/97</b>																							
JAN		FEV		MAR		ABR		MAI		JUN		JUL		AGO		SET		OUT		NOV		DEZ	
Precipitação Média Mensal (mm)																							
<i>249,00</i>		<i>208,10</i>		<i>158,40</i>		<i>110,90</i>		<i>81,70</i>		<i>25,60</i>		<i>24,70</i>		<i>46,80</i>		<i>54,60</i>		<i>113,50</i>		<i>173,30</i>		<i>244,60</i>	
Vazão Máxima Média Mensal (m³/s)																							
<i>102,02</i>		<i>107,24</i>		<i>96,57</i>		<i>81,46</i>		<i>69,84</i>		<i>73,50</i>		<i>61,38</i>		<i>60,76</i>		<i>63,20</i>		<i>60,86</i>		<i>88,75</i>		<i>116,41</i>	
Vazão Mínima Média Mensal (m³/s)																							
<i>41,87</i>		<i>41,51</i>		<i>41,10</i>		<i>38,22</i>		<i>34,89</i>		<i>33,04</i>		<i>32,03</i>		<i>30,89</i>		<i>32,23</i>		<i>33,66</i>		<i>35,60</i>		<i>37,21</i>	
Vazão Média Mensal (m³/s)																							
<i>64,50</i>		<i>67,21</i>		<i>65,28</i>		<i>58,59</i>		<i>53,75</i>		<i>50,05</i>		<i>46,25</i>		<i>43,83</i>		<i>43,14</i>		<i>45,18</i>		<i>51,58</i>		<i>60,52</i>	
<b>ESTUDO HIDROLÓGICO</b>																							
<b>CURVA DE PERMANÊNCIA</b>																							
5%		10%		20%		30%		40%		50%		60%		70%		80%		90%		95%		100%	
Vazões Afluentes no Período Completo (m³/s)																							
<i>77,84</i>		<i>69,84</i>		<i>63,43</i>		<i>58,56</i>		<i>55,27</i>		<i>52,54</i>		<i>49,93</i>		<i>47,09</i>		<i>43,20</i>		<i>40,03</i>		<i>37,75</i>		<i>32,09</i>	
<b>VAZÕES CARACTERÍSTICAS NO EIXO DO AHE</b>																							
Vazão Média de Longo Termo (m³/s)				<b>54,16</b>				Área de Drenagem (km²)				<b>3.132</b>											
Vazão Média do Período Crítico (m³/s)				<b>45,10</b>				Vazão Específica de Longo Termo (l/s.km²)				<b>17,29</b>											
Vazão Máxima Média Mensal (m³/s)				<b>116,41</b>				Vazão Específica do Período Crítico (l/s.km²)				<b>14,40</b>											
Vazão Mínima Média Mensal (m³/s)				<b>30,89</b>				Vazão Firme Q <sub>95</sub> (m³/s)				<b>37,75</b>											
<b>VAZÕES DE PROJETO</b>																							
Vazão Máxima Turbinada (m³/s)				<b>67,10</b>				Tempo de Recorrência Projeto Vertedouro (anos)				<b>10.000</b>											
Vazão Mínima Turbinada (m³/s)				<b>16,77</b>				Tempo de Recorrência de Desvio (anos, maio/outubro)				<b>10</b>											
Vazão Máxima de Projeto Vertedouro (m³/s)				<b>838,0</b>				Trecho de Rio entre Barramento e Casa de Força (km)				<b>1,40</b>											
Vazão Máxima de Desvio (m³/s)				<b>100,0</b>																			



<b>PCH SANTA GABRIELA</b>			
<b>FICHA TÉCNICA</b>			
<b>CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS</b>			
<b>CURVA COTA x ÁREA x VOLUME DO RESERVATÓRIO</b>			
Cota (m)	458,0	459,0	460,0
Área (ha)	2,9	71,1	132,8
Volume (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	0,03	0,390	1,410
			461,0
			462,0
			464,0
			282,0
			638,5
			1461,0
			3,490
			8,270
			29,27
<b>RESERVATÓRIO</b>			
<b>NA's DE MONTANTE</b>		<b>ÁREAS INUNDADAS</b>	
NA Máximo Maximorum (m) - TR 10.000 anos	462,00	No NA Máximo Maximorum (km <sup>2</sup> )	6,39
NA Máximo de Inundação (m) - TR 100 anos	461,00	No NA Máximo de Inundação (km <sup>2</sup> )	2,82
NA Máximo Normal (m)	459,00	No NA Máximo Normal (km <sup>2</sup> )	0,711
NA Mínimo Normal (m)	457,50	No NA Mínimo Normal (km <sup>2</sup> )	0,028
<b>NA's DE JUSANTE</b>		<b>VOLUMES NO NA NORMAL - EL 459,00</b>	
NA Máximo Maximorum (m)	422,64	Volume Total (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	0,390
NA Máximo Normal (m)	416,72	Volume Útil (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	-
NA Mínimo Normal (m)	415,99	Volume Morto (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	-
<b>CARACTERIZAÇÃO</b>		<b>OUTRAS INFORMAÇÕES</b>	
Comprimento do Reservatório (trecho maior km)	9,50	Tempo de Enchimento (h)	11,0
Perímetro do Reservatório (km)	24,64		
<b>DESVIO DO RIO</b>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>MATERIAIS</b>	
Tipo	Adufas (3)	Escavação em Solo (m <sup>3</sup> )	12.390
Seção	Quadrada	Escavação em Rocha a Céu Aberto (m <sup>3</sup> )	120
Área (m <sup>2</sup> )	18,75	Ensecadeiras (m <sup>3</sup> )	23.960
<b>COMPORTAS</b>		Concreto Convencional (m <sup>3</sup> )	450
Tipo	1 Plana com Volante, 1 Vagão e 1 Ensecadeira		
Largura (m)	2,5		
Altura (m)	2,5		
	Quantidade		
	3 (1 de cada tipo)		
<b>BARRAGENS DE TERRA</b>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>MATERIAIS</b>	
Tipo	OMBREIRA DIREITA	Escavação em Solo (m <sup>3</sup> )	24.500
	Barragem de Terra	Escavação em Rocha a Céu Aberto (m <sup>3</sup> )	0
Altura Máxima (m)	11,0	Aterro Compactado (m <sup>3</sup> )	20.430
Altura Mínima (m)	-	Enrocamento (m <sup>3</sup> )	750
	Comprimento (m)	Filtros (m <sup>3</sup> )	2.630
	165,0		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>MATERIAIS</b>	
Tipo	OMBREIRA ESQUERDA	Escavação em Solo (m <sup>3</sup> )	1.750
	Aterro Impermeável	Escavação em Rocha a Céu Aberto (m <sup>3</sup> )	80
Altura Máxima (m)	10,5	Concreto Convencional (m <sup>3</sup> )	3.000
Altura Mínima (m)	-		
	Comprimento (m)		
	24,0		
<b>MUROS DO BARRAMENTO</b>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>MATERIAIS</b>	
Tipo	Muro de Encosto - MD	Escavação em Solo (m <sup>3</sup> )	1.750
Altura Máxima (m)	12,0	Escavação em Rocha a Céu Aberto (m <sup>3</sup> )	80
Altura Mínima (m)	2,5	Concreto Convencional (m <sup>3</sup> )	3.000
	Comprimento (m)		
	56,5		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>MATERIAIS</b>	
Tipo	Muro de Gravidade - LR	Escavação em Solo (m <sup>3</sup> )	8.620
Altura Máxima (m)	10,5	Escavação em Rocha a Céu Aberto (m <sup>3</sup> )	0
Altura Mínima (m)	9,5	Concreto Convencional (m <sup>3</sup> )	3.400
	Comprimento (m)		
	25,4		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>MATERIAIS</b>	
Tipo	Muro Divisor - ME	Escavação em Solo (m <sup>3</sup> )	8.620
Altura Máxima (m)	9,5	Escavação em Rocha a Céu Aberto (m <sup>3</sup> )	0
Altura Mínima (m)	2,0	Concreto Convencional (m <sup>3</sup> )	3.400
	Comprimento (m)		
	45,0		
<b>VERTEDOURO</b>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>MATERIAIS</b>	
Tipo	Soleira Livre	Escavação em Solo (m <sup>3</sup> )	8.620
Comprimento da Crista (m)	70,0	Escavação em Rocha a Céu Aberto (m <sup>3</sup> )	0
Altura Máxima de Vertimento (m)	3,0	Concreto Convencional (m <sup>3</sup> )	3.400
Capacidade Máxima de Vertimento (m <sup>3</sup> /s)	838,0		
Número de Blocos	3		
Cota da Crista (m)	459,0		

TOMADA D'ÁGUA DO CANAL DE ADUÇÃO			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>MATERIAIS</b>	
Tipo		<i>Estrutura Aliviada</i>	Escavação em Solo (m³) <b>650</b>
Comprimento (m)	<b>12,00</b>	Número de Vãos	2 Escavação em Rocha a Céu Aberto (m³) <b>45</b>
Largura (m)	<b>12,50</b>	Altura Máxima (m)	<b>10,5</b> Concreto Convencional (m³) <b>370</b>
<b>COMPORTAS</b>			
Tipo		<i>Ensecadeira</i>	
Largura (m)	<b>4,5</b>	Quantidade	2
Altura (m)	<b>8,5</b>	Pressão Máxima (mca)	<b>8,0</b>
CANAL DE ADUÇÃO			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>MATERIAIS</b>	
Tipo		<i>Canal Escavado</i>	Escavação em Solo (m³) <b>569.400</b>
Comprimento (m)	<b>1.182,72</b>	Seção	<i>Trapezoidal</i> Escavação em Rocha a Céu Aberto (m³) <b>8.000</b>
Largura da Base (m)	<b>3,7</b>	Área da Seção (m²)	<b>59,6</b> Aterro Compactado (m³) <b>6.500</b>
		(com N.A. 459,00)	Concreto Convencional (m³) <b>9.360</b>
TOMADA D'ÁGUA DOS CONDUTOS FORÇADOS/CÂMARA DE CARGA			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>MATERIAIS</b>	
Tipo		<i>Estrutura de Gravidade</i>	Escavação em Solo (m³) <b>24.530</b>
Número de Vãos	2	Altura Máxima (m)	<b>15,6</b> Escavação em Rocha a Céu Aberto (m³) <b>2.810</b>
Comprimento (m)	<b>14,6</b>	Largura (m)	<b>10,9</b> Concreto Convencional (m³) <b>2.680</b>
<b>COMPORTAS</b>			
Tipo		<i>Vagão</i>	
Largura (m)	<b>4,40</b>	Quantidade	1
Altura (m)	<b>4,40</b>	Submersão (m)	<b>5,2</b>
<b>GRADES</b>			
Tipo		<i>Removível</i>	
Largura Total (m)	<b>8,00</b>	Quantidade	2
Altura (m)	<b>9,00</b>	Vão Livre (m)	<b>4,0</b>
CIRCUITO DE ALTA PRESSÃO			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>MATERIAIS</b>	
Tipo		<i>Conduto Forçado</i>	Escavação em Solo (m³) <b>46.600</b>
Comprimento (m)	<b>115</b>	Seção	<i>Circular</i> Escavação em Rocha a Céu Aberto (m³) <b>30.000</b>
Largura / Diâm. (m)	<b>4,40</b>	Área (m²)	<b>15,21</b> Concreto Convencional (m³) <b>1.690</b>
Número de Condutos	1		Revestimento Metálico (t) <b>270</b>
CASA DE FORÇA			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>MATERIAIS</b>	
Tipo		<i>Estrutura Abrigada</i>	Escavação em Solo (m³) <b>246.900</b>
Comprimento (m)	<b>65,0</b>	Grupos Geradores	3 Escavação em Rocha a Céu Aberto (m³) <b>143.500</b>
Largura (m)	<b>17,6</b>		Concreto Convencional (m³) <b>5.750</b>
<b>COMPORTAS Tubo de Sucção</b>			
Tipo		<i>Ensecadeira</i>	
Largura (m)	<b>2,4</b>	Quantidade	3
Altura (m)	<b>5,5</b>	Submersão (m)	<b>0,95</b>
CANAL DE FUGA			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>MATERIAIS</b>	
Tipo		<i>Canal Escavado</i>	Escavação em Solo (m³) <b>62.100</b>
Comprimento (m)	<b>60,0</b>	Seção	<i>Retangular</i> Escavação em Rocha a Céu Aberto (m³) <b>40.000</b>
Largura (m)	<b>35,0</b>		Concreto Convencional (m³) <b>4.550</b>
TURBINAS			
Tipo		<i>Francis Horizontal</i>	Vazão Nominal Unitária (m³/s) <b>22,37</b>
Quantidade		3	Potência Nominal Unitária no Eixo (MW) <b>8,25</b>
Queda Líquida Nominal (m) - Queda de Referência		<b>40,82</b>	
GERADORES			
Tipo		-	
Quantidade		3	
Frequência Nominal (Hz)		<b>60</b>	
SISTEMA DE TRANSMISSÃO ASSOCIADO			
SE de Manobra		<b>30m x 25m</b>	Tensão de Transmissão (kV) <b>138,0</b>
Tensão de Interligação (kV)		<b>138,0</b>	Comprimento da Linha (km) <b>35,0</b>



### **3. ESTUDOS REALIZADOS NO PROJETO BÁSICO**



### 3.1. ESTUDOS HIDROMETEOROLÓGICOS

#### 3.1.1. Introdução

Nesta fase, de otimização do projeto, não houve qualquer dado novo, referente à hidrologia, a ser incorporado às informações já consideradas na fase de Projeto Básico, cujos estudos hidrometeorológicos estão transcritos na seqüência.

A caracterização climática da região, empregada apenas na compreensão do comportamento hidrológico da bacia, foi feita com base em estudos anteriores e dados secundários, não tendo sido desenvolvidos estudos específicos para este fim.

A hidrologia envolveu:

- coleta e análise de consistência de dados;
- caracterização da bacia hidrográfica;
- análise do regime do rio e definição da série de vazões médias mensais no local do aproveitamento, necessária às análises hidrenergéticas;
- estimação de vazões de cheia para dimensionamento das obras.

#### 3.1.2. Caracterização da Bacia Hidrográfica

A bacia de drenagem da PCH Santa Gabriela apresenta uma área de cerca de 3.132km<sup>2</sup>, situada entre os paralelos 17°00' e 17°30' de Latitude Sul e os meridianos 53°30' e 55°00' de Longitude Oeste.

Apresenta curso no sentido geral Leste-Oeste e serve de linha divisória entre os Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, sendo que a maior parte de sua bacia hidrográfica pertence a este último estado.

Após receber o rio Comprido, seu principal afluente pela margem direita, o rio Correntes apresenta um trecho de forte declividade que caracteriza o sítio do futuro AHE Santa Gabriela. Em seguida, nas proximidades de seu ingresso no Pantanal, ocorre um novo trecho acidentado que se inicia no sumidouro junto à antiga BR-163. Entre outros afluentes, destacam-se o ribeirão Água Bonita e os córregos Benjamim e Piranema.

O rio Correntes tem como bacias vizinhas, ao norte, a do rio Itiquira e ao sul, a do rio Piquiri. Suas nascentes localizam-se na Serra do Torto, a cerca de 35km a oeste das cidades gêmeas de Alto Araguaia (MT) e Santa Rita do Araguaia (GO), área onde também se forma um dos afluentes do Alto Curso do rio Araguaia, o Ribeirão Claro.

É a região das extensas chapadas do Planalto Central Brasileiro, onde os cursos d'água encontram-se assentes em terrenos arenosos, de alta permeabilidade, com vertentes em forma de amplas colinas côncavas com declividade suave em direção ao leito dos rios. É uma região de excelentes aquíferos, onde a acumulação no subsolo garante alta regularização natural, conduzindo a vazões elevadas no período de estiagem.

A vegetação de cerrado, original de toda a região, foi quase que totalmente substituída

por uma paisagem artificial, com ênfase na agropecuária extensiva e no cultivo da soja.

A região onde se insere a bacia do rio Correntes mostra-se bastante homogênea do ponto de vista climático, apresentando uma marcante variação sazonal, com estações bem definidas. A estação chuvosa, no período outubro a abril, concentra cerca de 88% da precipitação anual e o trimestre mais seco, de junho a agosto, apenas 3%.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima desta região é do tipo CWW, Clima Temperado Tropical. Como principais características desse clima mesotérmico, destacam-se, a temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C, inverno seco e ameno e estação das chuvas e das secas bem definidas.

A estação climatológica de Coxim, operada pelo INEMET (código 83512) e tomada como representativa do local das obras, apresenta 1.883,5mm de evaporação total anual, com média variando entre 101,3mm (março) e 199,9mm (agosto).

Os valores médios de precipitação mensal e as alturas máximas em 24 horas registradas nesta estação, no período 1973 a 1990, são apresentados na Tabela 3.1, conforme publicado nas Normas Climatológicas (INEMET, maio de 1992).

**Tabela 3.1**  
**Valores Característicos de Precipitação na Estação Coxim**

<b>MÊS</b>	<b>PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL (MM)</b>	<b>ALTURA MÁXIMA EM 24 HORAS (MM)</b>
Janeiro	249,0	175,4
Fevereiro	208,1	98,8
Março	158,4	99,0
Abril	110,9	86,2
Maio	81,7	51,0
Junho	25,6	49,2
Julho	24,7	43,5
Agosto	46,8	65,4
Setembro	54,6	64,6
Outubro	113,5	97,1
Novembro	173,3	79,0
Dezembro	244,6	118,6
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>1.501,2</b>	<b>175,4</b>

### 3.1.3. Análise de Consistência dos Dados

#### 3.1.3.1. Dados Hidrológicos Utilizados

Os dados hidrológicos foram obtidos e/ou atualizados em consulta ao Banco de Dados Hidroweb da ANEEL ou por solicitações via e-mail. Constatam destes dados as

cotas médias diárias, as vazões médias diárias e mensais e os resumos de medição até o ano 2000.

A Tabela 3.2, a seguir, apresenta as principais informações a respeito dos postos fluviométricos selecionados na bacia e em seu entorno. A entidade operadora responsável por todos esses postos é a ANEEL.

Na Tabela 3.3 encontra-se um resumo da situação dos dados disponibilizados pela ANEEL.

**Tabela 3.2**  
**Estações Fluviométricas Selecionadas**

CÓDIGO	ESTAÇÃO	RIO	ÁREA (km <sup>2</sup> )	OBSERVAÇÃO	
				INÍCIO	FIM
24100000	Cachoeira Grande	Araguaia	4.537	Abr/31	-
66380000	São João da Cipa	São Lourenço	3.674	Jun/66	-
66450001	Rondonópolis	Vermelho	11.995	Nov/65	-
66455000	Ponte de Pedra	Ponte de Pedra	1.780	Jul/79	Abr/86
66475000	Piquiri	Piquiri	1.210	Ago/71	Mai/77
66480000	Estrada BR-163	Piquiri	3.240	Jun/69	Dez/88
66490000	Estrada BR-163	Correntes	3.997	Jun/69	-
66520000	Itiquira	Itiquira	2.872	Mai/71	-
66525000	Estrada BR-163	Itiquira	5.100	Jul/69	Dez/91



**Tabela 3.3**  
**Disponibilidade dos Dados Fluviométricos**

CÓDIGO ANEEL	NOME DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA																																																																																
		1930									1940									1950									1960									1970									1980									1990																									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
24100000	Cachoeira Grande (Couto)	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
66380000	São João da Cipa																																																																																
66450001	Rondonópolis																																																																																
66455000	Ponte de Pedra																																																																																
66475000	Piquiri																																																																																
66480000	BR-163 - Piquiri																																																																																
66490000	BR-163 - Correntes																																																																																
66520000	Itiquira																																																																																
66525000	BR-163 - Itiquira																																																																																

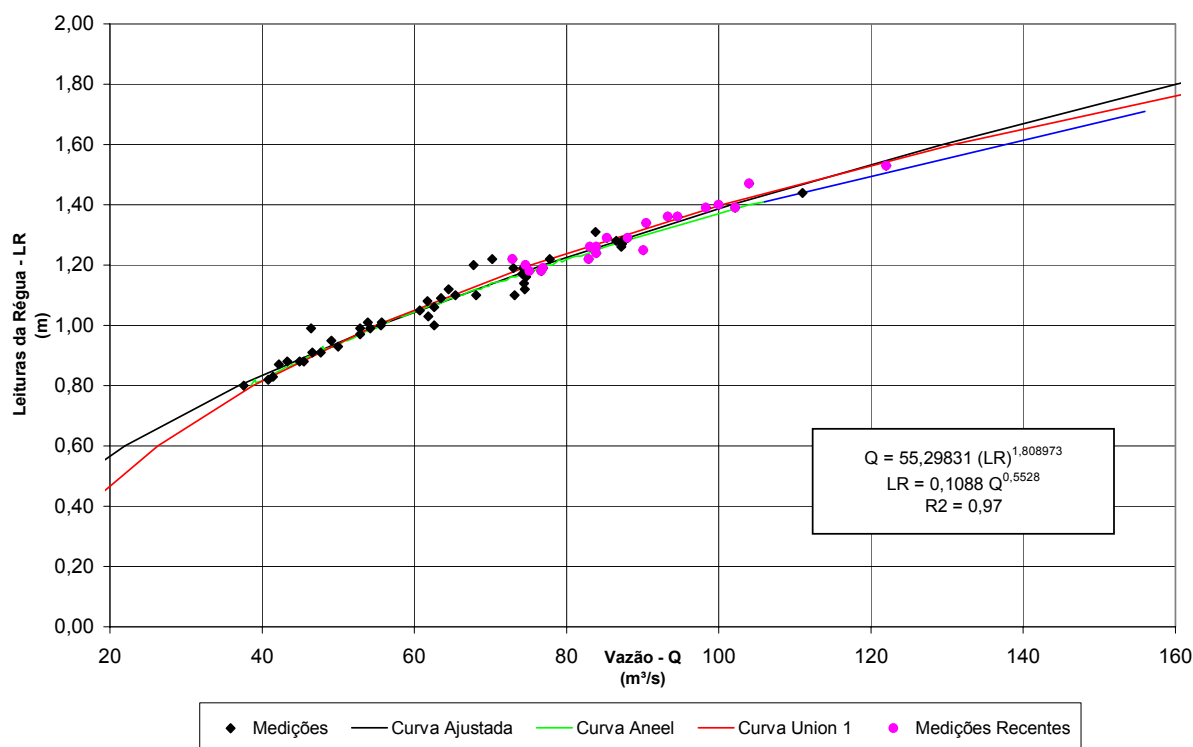
### 3.1.3.2. Análise de Consistência dos Dados Recebidos

Com o objetivo de avaliar-se a qualidade das séries fluviométricas recebidas, foram plotadas todas as medições de descarga disponíveis nesses postos, de modo a caracterizar o grau de definição das curvas-chave.

— Posto Fluviométrico do Rio Correntes na BR-163

A Figura 3.4 apresenta a curva-chave ajustada no presente estudo e a empregada pela ANEEL no posto fluviométrico denominado Estrada BR-163 Correntes, no rio Correntes. A curva ajustada ficou muito próxima à empregada pela ANEEL, obtendo-se uma diferença em torno de 2% na média das vazões médias mensais. Pode-se verificar ainda que, de acordo com as medições mais recentes, a curva ajustada deve ser válida até 2.000, ano das últimas medições. Ainda nesta figura está apresentada a curva-chave ajustada nos Estudos de Viabilidade realizados anteriormente pela Union Engenharia.

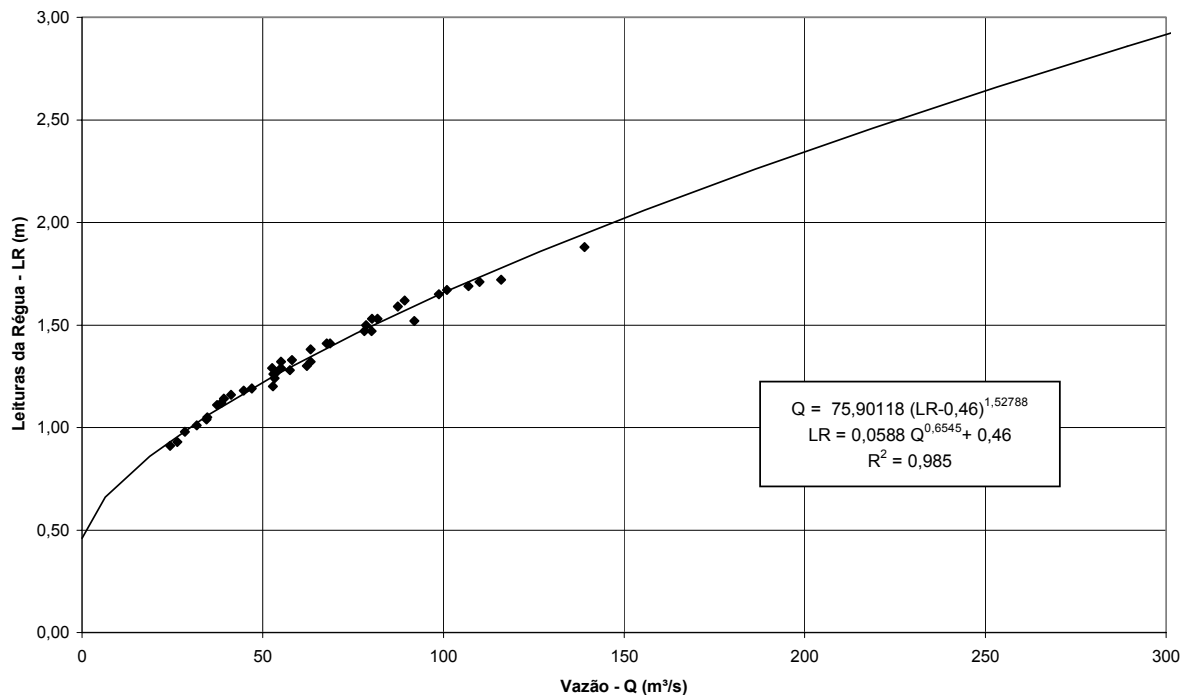
**Figura 3.4**  
**Curva-Chave do Rio Correntes na Ponte da Estrada BR-163**  
**Medições de 1969 a 1978 e de 1992 a 2000**



— Posto Fluviométrico do Rio Itiquira na BR-163

Na Figura 3.5 está apresentada a curva-chave do rio Itiquira no posto da Estrada BR-163. Trata-se de uma curva bem definida, com as medições apresentando pequena dispersão.

**Figura 3.5**  
**Curva-Chave do Rio Itiquira na BR-163 Itiquira**  
**Medições de 1969 a 1979**

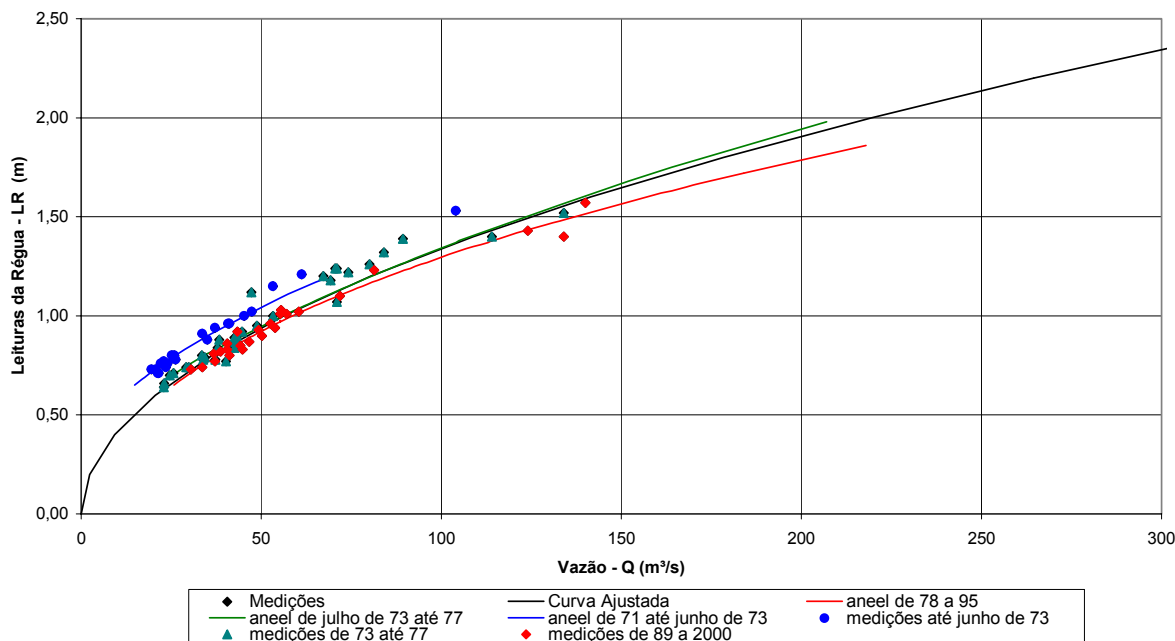


— Posto Fluviométrico do Rio Itiquira em Itiquira

Este posto há medições de vazão em dois períodos: de 1.971 a 1.977 e de 1.989 a 2.000. Para o primeiro período, a ANEEL ajustou duas curvas-chave distintas, conforme pode ser visto na Figura 3.6, empregando uma curva-chave diferente para o período mais recente. Não é possível definir, sem informações adicionais não disponíveis, qual deva ser a curva chave para o período de 1.978 a 1.988.

Deve-se alertar que a maior leitura de régua de todo o histórico aconteceu neste período intermediário, para o qual a ANEEL utilizou a curva-chave definida para o período mais recente. As vazões de cheia resultantes apresentaram valores da ordem de 1.000m³/s, muito superiores às vazões máximas observadas no posto BR-163 Itiquira, situado no mesmo rio, a jusante de Itiquira. Em alguns casos as cheias em Itiquira chegaram ao dobro das cheias BR-163, o que caracteriza uma inconsistência.

**Figura 3.6**  
**Curva-Chave do Rio Itiquira em Itiquira**  
**Medições de 1971 a 1977 e de 1989 a 2000**



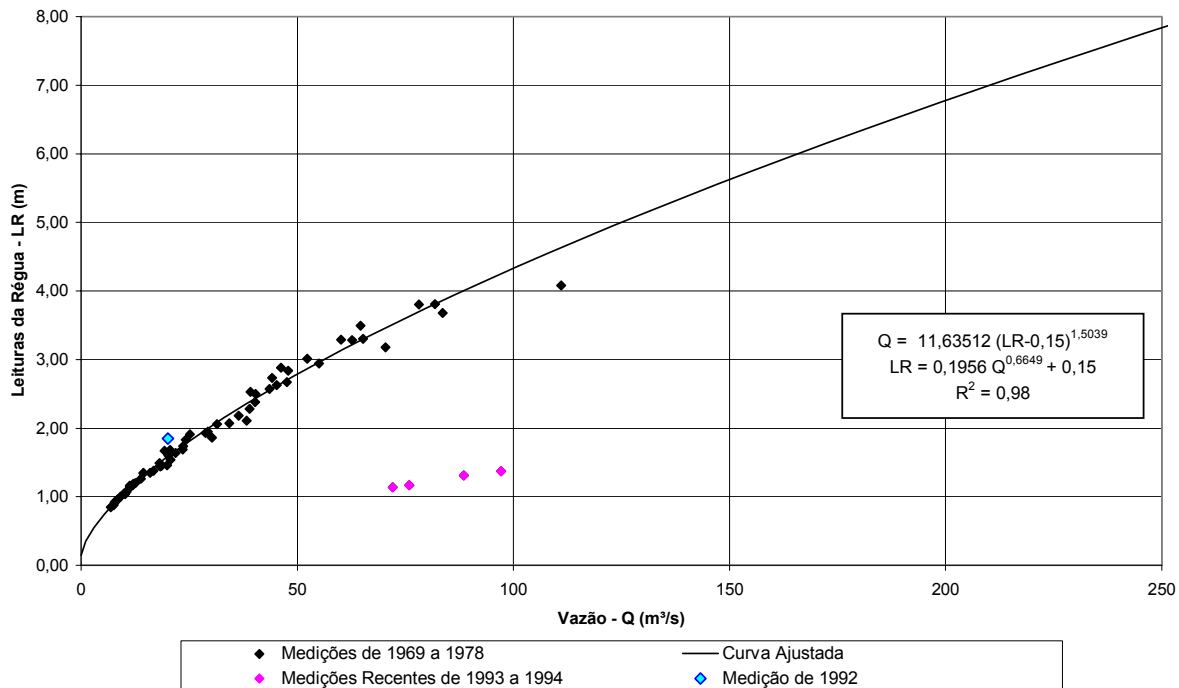
Considerando a qualidade da definição da curva-chave do posto da BR-163, apresentado na Figura 3.4, concluiu-se que os dados do posto Itiquira são inadequados para utilização no presente estudo.

#### — Posto Fluviométrico do Rio Piquirí na BR-163

Para o posto BR-163 Piquirí também existem dois períodos com medições de vazões. Para o período mais antigo, de 1969 a 1978, foi ajustada uma curva chave de boa qualidade de definição, conforme pode ser visto na Figura 3.7. No período de 1979 a 1991 não foram realizadas medições no local, sendo o serviço retomado a partir de 1992, com uma medição, e em 1993-1994, com mais quatro medições.

Percebe-se na Figura 3.7 que a medição realizada em 1992 situa-se dentro da nuvem de medições do período anterior a 1978, enquanto que as medições de 1992-1994 situam-se totalmente fora, indicando alguma modificação nas instalações a partir desta data. Deste modo, admitiu-se que a curva-chave antiga teria validade até 1992, tendo sido selecionado para este estudo o posto do rio Piquirí na BR-163.

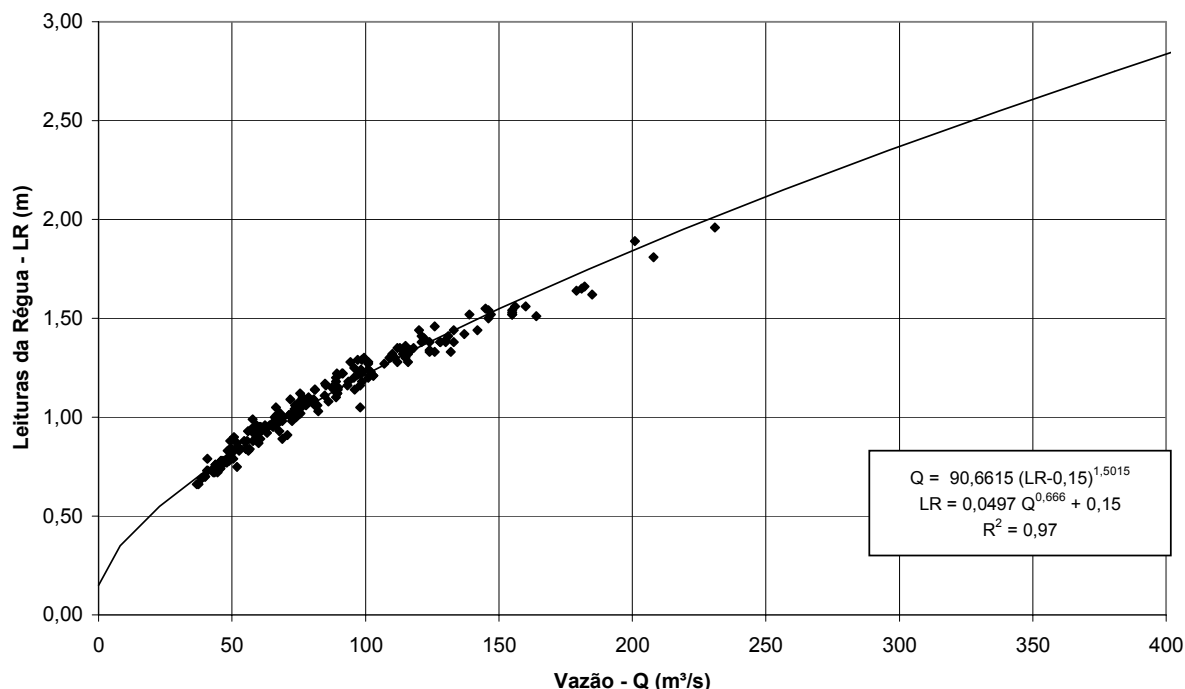
**Figura 3.7**  
**Curva-Chave do Rio Piquiri na BR-163 Piquiri**  
**Medições de 1969 a 1978**



— Posto Fluviométrico do Rio Araguaia em Cachoeira Grande

A importância deste posto fluviométrico para o presente estudo prende-se ao fato de ter servido de base para a definição da série fluviométrica da AHE Couto Magalhães, empregada para estender os dados do rio Correntes para o período anterior aos registros disponíveis na bacia. Na Figura 3.8 apresenta a curva-chave ajustada para o posto fluviométrico de Cachoeira Grande, no rio Araguaia, empregando medições do período de 1953 a 1994. Esta curva-chave apresenta boa definição e emprega medições que cobrem todo o período de observações de nível d'água, permitindo assegurar uma série fluviométrica de boa qualidade.

**Figura 3.8**  
**Curva-Chave do Rio Araguaia em Cachoeira Grande**  
**Medições de 1953 a 1994**



### 3.1.3.3. Definição da Série de Vazões Médias Mensais do Rio Correntes na BR-163

Como resultado da análise das curvas-chave disponíveis nos diversos postos fluviométricos localizados na bacia do rio Correntes e em suas imediações, decidiu-se empregar, para a continuidade dos estudos, apenas as séries fluviométricas consideradas de melhor definição, a saber:

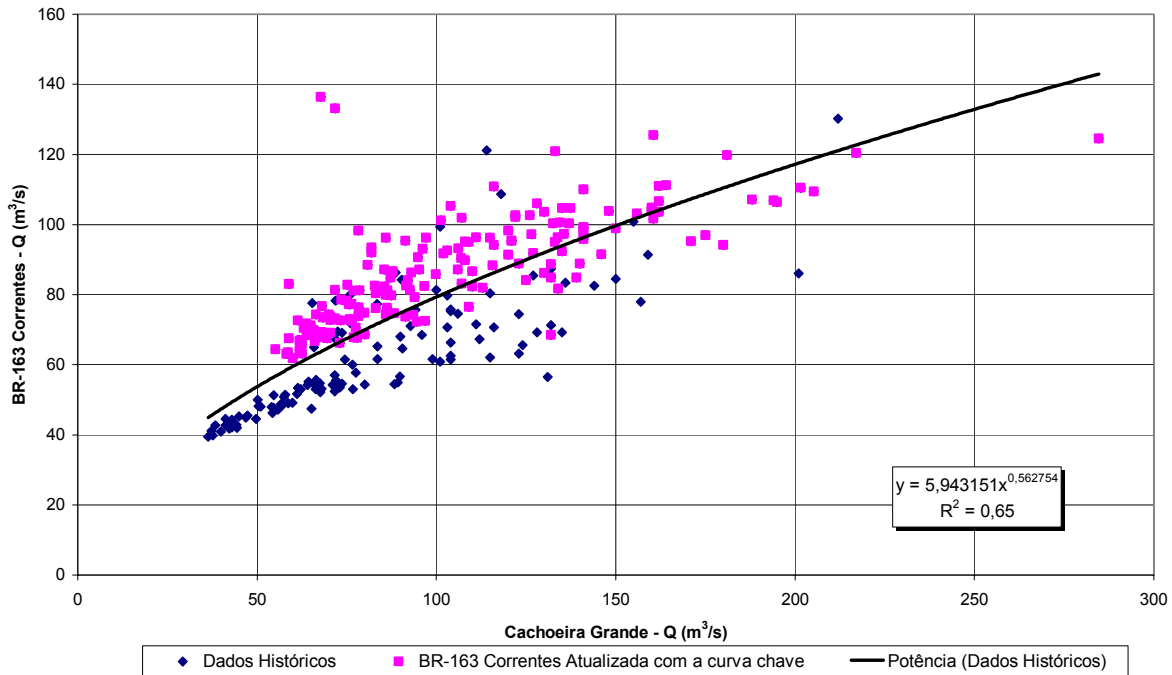
- Rio Correntes na Estrada BR-163;
- Rio Itiquira na Estrada BR-163;
- Rio Piquirí na Estrada BR-163;
- Rio Araguaia em Cachoeira Grande (AHE Couto de Magalhães).

A série histórica de vazões médias mensais do rio Correntes no posto BR-163 só dispunha de dados de vazão de 1970 a 1978, para o período posterior a 1978, para o qual se dispunha apenas de leituras de régua na estação do rio Correntes na BR-163, empregou-se a equação ajustada para a curva-chave, que consta na Figura 3.4, para complementação da série de vazões. Os resultados obtidos indicaram, para o período posterior a 1978, vazões médias superiores ao período anterior - na verdade, as vazões mínimas médias mensais no período recente apresentaram valores superiores às máximas médias mensais do período anterior, indicando inconsistência nestes dados.

Ao se comparar a série recente com a série antiga do posto BR-163 Correntes, através da correlação com o posto Cachoeira Grande, apresentada na Figura 3.9, observa-se a degradação desta correlação pela formação de duas nuvens de pontos distintos. Considerou-se então esta complementação inconsistente, ou seja, decidiu-se

complementar a série para o período recente empregando correlações com os dados das bacias vizinhas.

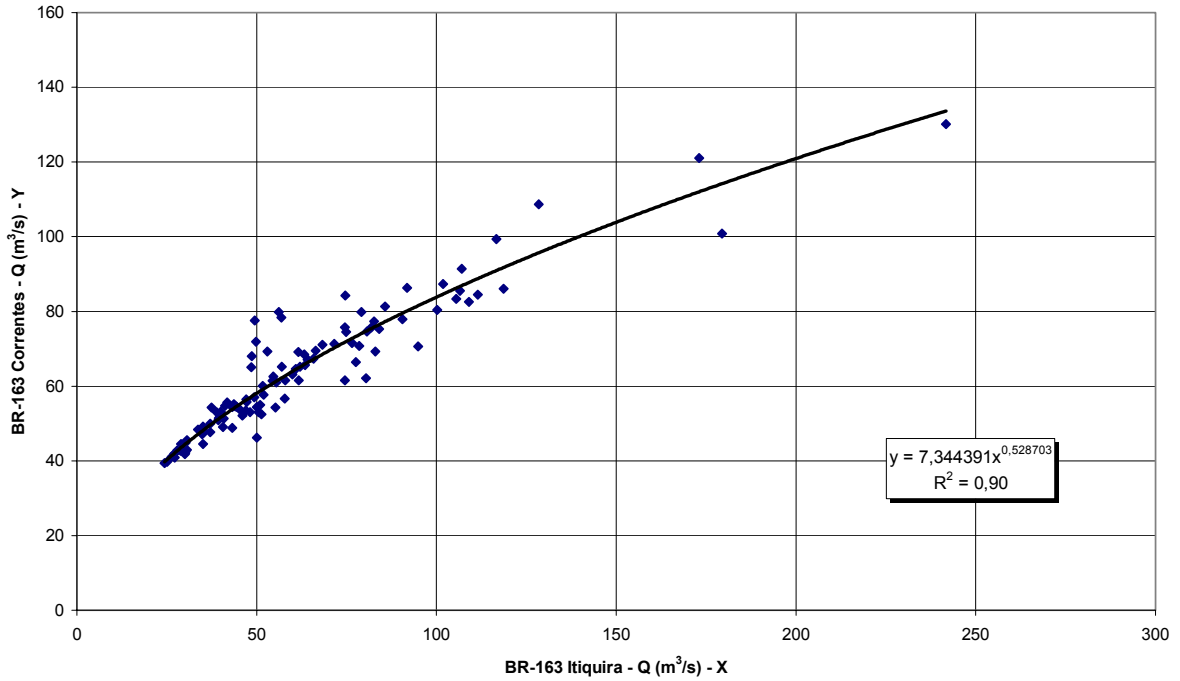
**Figura 3.9**  
**Correlação entre as Vazões Médias Mensais**  
**dos Postos BR-163 Correntes e Cachoeira Grande**



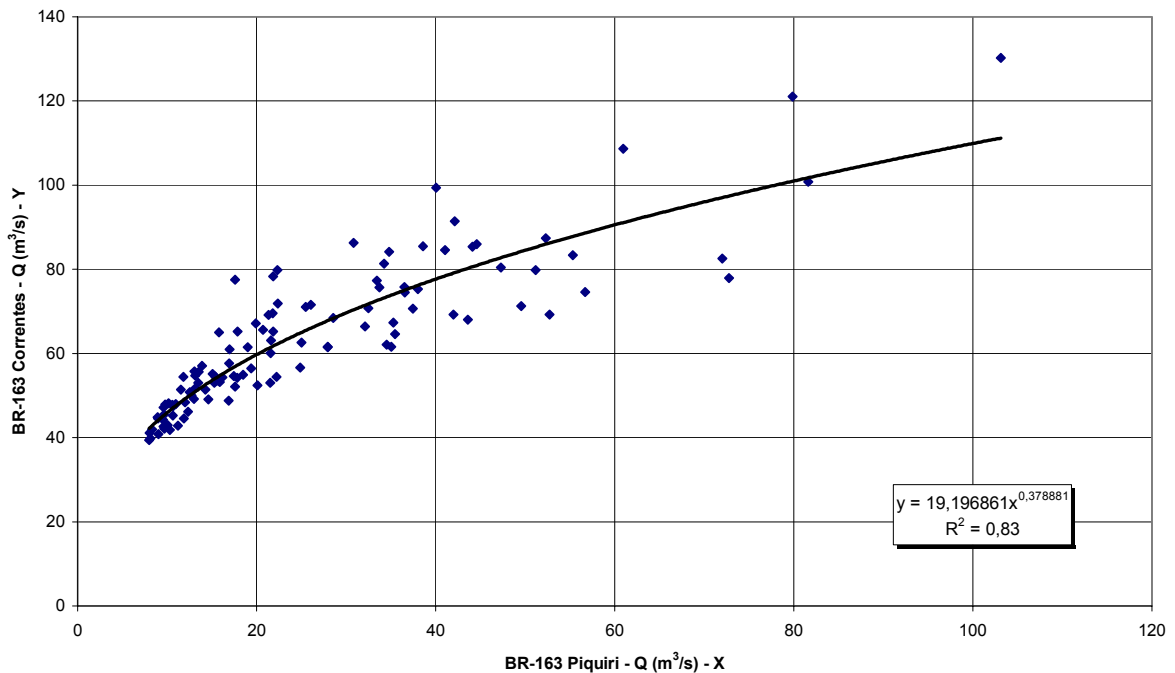
Os postos Estrada BR-163 Itiquira, Estrada BR-163 Piquiri, Itiquira e Cachoeira Grande apresentaram boas correlações, o que sugere que estas estações apresentam um comportamento hidrológico semelhante. No entanto, como já mencionado anteriormente, a estação Itiquira não poderá ser utilizada devido a total falta de medições nos períodos necessários. As Figuras 3.10, 3.11 e 3.12 ilustram as correlações obtidas e utilizadas.

A correlação com o posto Cachoeira Grande permitiu também estender a série de vazões médias mensais do posto Estrada BR-163 (Correntes) para o período anterior aos registros locais, até 1931.

**Figura 3.10**  
**Correlação entre as Vazões Médias Mensais**  
**dos Postos BR-163 Correntes e BR-163 Itiquira**

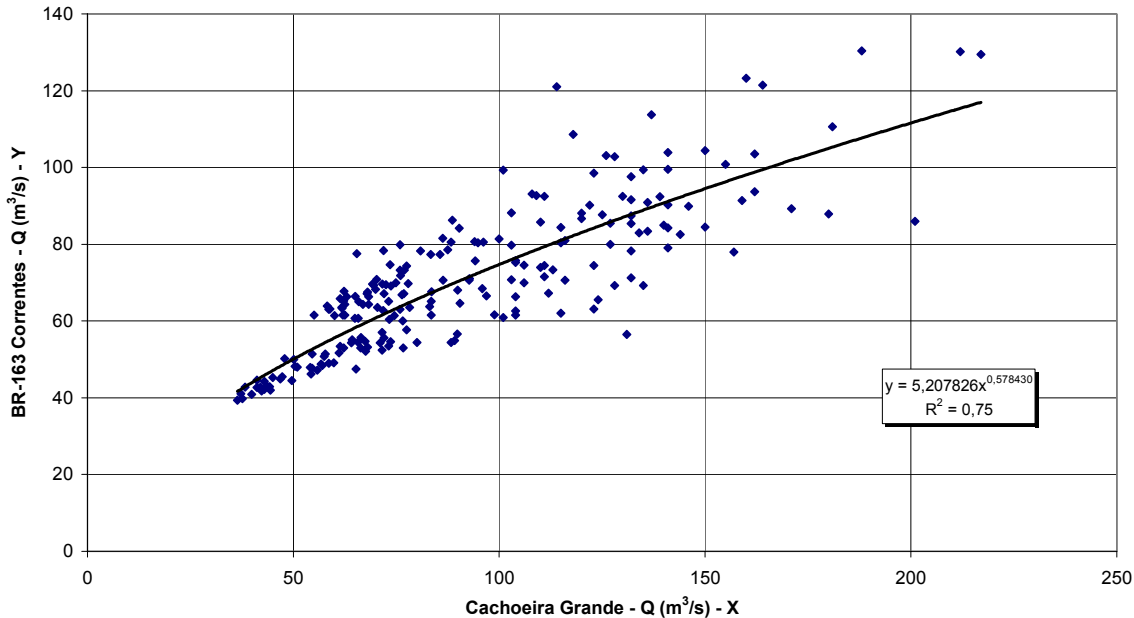


**Figura 3.11**  
**Correlação entre as Vazões Médias Mensais**  
**dos Postos BR-163 Correntes e BR-163 Piquiri**





**Figura 3.12**  
**Correlação entre as Vazões Médias Mensais**  
**dos Postos BR-163 Completado e Cachoeira Grande**



A série de vazões médias mensais no posto Rio Correntes Estrada BR-163, encontra-se apresentada na Tabela 3.13, onde os valores que foram preenchidos ou corrigidos estão enfatizados em negrito. Os períodos com falhas foram preenchidos da seguinte forma:

- Por correlação com o Posto BR-163 Itiquira, o período de janeiro a março de 1979 e de agosto de 1979 a dezembro de 1981;
- Com o posto BR-163 Piquiri, o período de junho/1969; de abril a julho/1979; janeiro e fevereiro e julho e agosto/1982; de janeiro/1983 a julho/1984; de novembro/1984 a março/1985; de novembro/1985 a abril/1987; de agosto/1987 a janeiro/1988; e de março/1988 a dezembro/1988;
- Por correlação com Cachoeira Grande, todo o período de janeiro/1.931 a maio/1.969, e mais os meses de maio a julho/1.979; de março a junho/1.982; de setembro a dezembro/1.982; de agosto a outubro/1.984; de abril a outubro/1.985; de maio a julho/1.987; fevereiro/1.988; e de janeiro/1.989 a dezembro/1.997.

**Tabela 3.13**  
**Rio Correntes em BR-163 (Correntes)**  
**Vazões Médias Mensais (m<sup>3</sup>/s)**

ANO	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	média
1931	70,99	89,28	107,67	81,03	76,02	70,63	65,26	60,20	55,99	55,29	59,28	64,44	71,34
1932	96,66	76,45	73,03	69,54	65,45	61,05	56,42	52,05	48,53	53,33	63,76	73,43	65,81
1933	91,91	73,78	73,17	73,30	68,54	63,72	58,82	54,86	52,44	58,15	63,47	72,77	67,08
1934	68,44	68,31	69,54	66,86	63,18	58,66	54,15	50,16	49,93	48,70	73,52	86,59	63,17
1935	77,72	84,24	81,43	77,72	73,25	68,67	63,52	59,38	55,13	59,54	64,34	68,90	69,49
1936	69,73	78,14	73,25	69,32	65,49	60,85	56,15	51,99	48,94	47,21	51,65	72,73	62,12
1937	63,37	75,17	73,12	68,58	64,97	60,80	56,47	52,10	48,17	51,25	63,28	79,38	63,06
1938	70,13	83,84	73,34	69,27	65,21	60,40	55,78	51,42	48,82	47,45	50,05	100,54	64,69
1939	82,24	75,17	70,54	68,77	64,63	60,40	56,15	51,88	48,35	50,51	55,83	58,56	61,92
1940	81,84	110,62	94,12	78,14	73,25	68,21	62,98	58,15	54,70	55,51	68,86	75,17	73,46
1941	83,45	80,62	85,81	76,45	72,19	67,05	61,90	57,15	53,93	52,61	67,33	68,17	68,89
1942	80,62	95,58	85,42	79,80	75,17	69,86	64,49	59,49	58,20	57,57	74,65	86,98	73,98
1943	107,01	85,03	85,03	78,97	74,43	68,95	63,67	58,72	55,18	58,04	90,79	93,39	76,60
1944	73,87	91,54	79,38	74,52	69,95	64,87	59,89	55,24	50,97	55,18	63,23	78,97	68,13
1945	107,67	85,03	94,49	101,93	84,24	78,55	72,86	67,24	62,05	66,06	102,27	119,15	86,80
1946	86,98	84,24	84,64	78,55	74,00	69,04	63,81	58,92	54,75	52,21	56,31	64,59	69,00
1947	83,45	72,42	103,64	76,02	71,21	65,97	61,05	56,79	53,88	55,08	62,20	91,91	71,13
1948	77,30	77,72	81,43	73,43	68,72	63,62	58,72	54,21	50,85	53,60	86,20	148,56	74,53
1949	87,37	87,75	79,80	75,17	70,45	65,49	60,50	55,83	51,88	53,16	57,15	60,30	67,07
1950	62,94	68,72	85,03	69,04	65,21	60,40	55,78	51,54	48,29	50,74	62,54	70,99	62,60
1951	86,98	75,17	74,34	69,59	65,68	61,40	56,73	52,38	48,47	49,47	51,82	61,70	62,81
1952	67,00	71,53	74,60	67,84	64,30	59,64	55,02	50,80	47,27	46,73	55,29	59,28	59,94
1953	59,54	68,54	73,30	67,42	63,91	59,43	54,91	50,97	51,20	52,55	60,10	76,87	61,56
1954	67,33	72,68	67,89	64,34	60,30	56,15	51,88	47,87	44,31	44,31	46,30	58,87	56,85
1955	79,38	67,61	65,26	65,73	61,85	57,52	53,11	49,00	45,50	54,21	54,97	73,65	60,65
1956	68,67	72,42	70,45	69,04	67,24	63,57	59,64	55,29	51,54	52,33	66,35	86,59	65,26
1957	80,21	93,39	78,55	74,56	70,90	66,39	61,40	56,84	54,37	52,72	56,42	77,30	68,59
1958	84,24	75,17	72,19	76,45	70,00	65,92	61,90	57,42	54,37	53,99	57,00	78,97	67,30
1959	118,23	77,72	83,05	74,47	69,77	64,87	60,04	55,45	51,88	53,49	58,25	63,81	69,25
1960	105,67	86,59	80,21	75,17	70,63	66,06	61,05	56,36	52,33	64,87	82,64	86,20	73,98
1961	94,49	86,20	81,43	76,45	71,48	66,35	61,25	56,52	52,66	52,21	57,21	74,73	69,25
1962	85,81	73,52	74,73	69,45	65,26	60,70	56,15	51,82	48,59	51,25	59,13	72,37	64,07
1963	72,42	76,02	69,45	65,92	62,10	57,68	53,27	49,12	45,43	42,96	45,43	51,08	57,57
1964	75,17	81,43	70,22	63,33	52,44	48,70	48,23	45,37	46,24	53,44	56,73	64,39	58,81
1965	68,63	85,42	88,52	72,28	60,30	54,04	52,61	50,11	50,57	62,94	63,33	66,35	64,59
1966	75,17	86,59	72,64	62,10	66,82	54,97	51,42	48,82	49,23	62,59	64,68	65,92	63,41
1967	72,06	75,17	75,59	65,68	56,42	54,75	50,05	47,69	48,17	51,76	64,49	61,50	60,28
1968	72,46	83,45	65,92	56,42	52,83	50,85	49,06	48,70	52,27	52,61	55,94	72,11	59,38
1969	64,54	76,45	70,77	60,55	54,43	50,19	45,25	44,27	44,56	47,92	55,73	65,05	56,64
1970	54,27	56,63	52,45	51,37	49,96	42,77	40,87	39,43	41,94	48,18	47,17	47,49	47,71
1971	53,43	52,98	61,57	48,78	46,20	42,96	42,67	39,79	41,13	47,73	49,05	53,04	48,28
1972	53,52	61,60	54,41	52,13	44,53	42,17	42,86	41,80	42,76	54,28	56,49	61,53	50,67
1973	66,38	75,25	64,65	65,18	57,67	50,83	47,99	45,49	44,90	54,95	63,12	62,07	58,21
1974	69,28	74,58	86,02	87,35	68,47	60,07	54,56	51,71	51,45	54,39	55,61	67,29	65,07
1975	71,26	79,80	74,48	69,22	62,61	54,63	53,18	49,14	48,41	54,75	65,59	70,64	62,81
1976	68,07	77,95	83,37	70,74	71,08	61,47	55,13	53,05	57,05	60,93	71,52	84,52	67,91
1977	82,54	100,82	85,37	85,46	81,35	84,21	78,33	77,54	79,84	69,12	75,77	80,41	81,73
1978	130,19	108,65	121,10	99,34	86,31	77,33	69,50	65,23	71,87	67,17	75,70	91,43	88,65
1979	129,44	121,44	123,24	73,94	70,69	63,55	60,39	66,30	80,66	69,77	80,53	85,74	85,47
1980	99,51	130,38	113,71	98,54	81,58	74,39	69,35	64,37	67,53	63,31	73,22	87,73	85,30
1981	92,51	93,09	103,12	78,52	69,65	70,81	65,89	63,09	61,55	68,22	78,26	82,95	77,30
1982	89,30	104,38	109,65	89,66	75,17	69,27	67,10	65,09	65,68	64,92	72,33	77,72	79,19
1983	87,87	91,59	79,99	74,51	67,66	66,85	63,50	61,57	60,76	63,06	73,35	93,67	73,70
1984	90,23	88,12	84,24	84,39	80,39	69,94	67,16	63,13	56,52	61,75	80,56	90,34	76,40
1985	103,57	102,78	99,40	78,55	67,98	62,54	61,00	57,63	57,68	59,02	62,70	63,76	73,05
1986	69,98	86,68	92,49	78,32	74,70	67,79	63,90	66,39	63,10	61,44	60,69	85,00	72,54
1987	89,86	92,37	97,60	92,67	68,44	71,93	58,82	63,57	61,49	64,30	66,58	79,09	75,56
1988	90,92	102,96	110,66	103,95	88,17	77,38	73,22	69,64	66,42	64,32	70,64	80,95	83,27
1989	94,12	111,59	100,54	85,03	75,17	69,91	66,72	64,97	63,18	65,92	74,30	98,08	80,79
1990	93,76	86,98	84,24	77,72	77,30	65,59	63,18	62,30	65,83	69,00	67,28	71,66	73,74
1991	91,17	98,79	109,97	86,98	73,30	67,66	63,96	61,00	60,10	67,14	69,77	78,55	77,37
1992	85,81	88,14	88,90	83,45	72,64	64,83	61,65	59,64	76,45	73,25	81,84	83,45	76,67
1993	73,47	98,08	83,45	75,59	65,02	71,04	59,02	57,63	64,01	65,64	70,90	83,84	72,31
1994	77,72	119,46	70,90	65,73	69,36	61,25	55,02	54,04	50,22	65,64	70,90	83,84	70,34
1995	98,26	136,85	89,81	96,62	89,13	81,31	66,58	63,37	62,44	77,67	68,44	88,67	84,93
1996	88,44	87,94	112,11	77,34	71,26	67,14	63,62	59,84	69,04	69,13	113,26	103,30	81,87
1997	98,26	88,17	81,43	75,25	78,14	93,79	68,21	68,44	67,05	74,65	66,58	85,62	78,80
mínima	53,43	52,98	52,45	48,78	44,53	42,17	40,87	39,43	41,13	42,96	45,43	47,49	
média	82,31	85,77	84,54	79,04	71,68	66,24	61,45	57,48	55,49	56,36	61,75	77,23	69,95
máxima	130,19	136,85	123,24	103,95	89,13	93,79	78,33	77,54	80,66	77,67	113,26	148,56	

### 3.1.4. Série de Vazões Médias Mensais no Local do Aproveitamento

A série de vazões médias mensais no local da PCH Santa Gabriela foi definida a partir da série preenchida e estendida da estação do rio Correntes em Estrada BR-163, cujo desenvolvimento deu-se de acordo com o apresentado no item precedente.

Considerando a proximidade entre o local da usina e o posto fluviométrico, a transferência de vazões foi feita admitindo a ocorrência, em cada mês, da mesma vazão específica nos dois locais.

Deste modo, apenas multiplicaram-se as vazões observadas no posto BR-163 Correntes pelo coeficiente 0,7856 que representa a relação entre a área de drenagem no local do barramento (3.132km<sup>2</sup>) e a área no posto fluviométrico (3.997km<sup>2</sup>).

A série de vazões médias mensais do Rio Correntes no local do AHE Santa Gabriela, para o período no qual se dispõe de observações locais, encontra-se apresentada na Tabela 3.15, ao final do item. Esta Tabela mostra ainda as principais características mensais calculadas, distinguindo-se o período mais recente, para o qual se dispõe de dados observado na bacia, do período completo, cuja série foi preenchida com base na correlação com a série de Cachoeira Grande, no rio Araguaia.

A partir da série de vazões gerada foi possível traçar as curvas de permanência de vazões médias mensais no local do barramento (período completo e período recente), apresentada na Figura 3.16, cujos valores mais notáveis estão indicados na Tabela 3.14.

**Tabela 3.14**  
**Permanência das Vazões**

Permanência (% do tempo)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	
	Período Recente (1.969 a 1.997)	Período Completo (de 1.931 a 1.997)
5	82,46	77,84
10	76,48	69,84
20	67,92	63,43
30	61,97	58,56
40	58,22	55,27
50	54,46	52,54
60	52,05	49,93
70	49,61	47,09
80	46,73	43,20
90	40,32	40,03
95	36,65	37,75
<b>Vazão máxima</b>	<b>107,2</b>	<b>116,4</b>
<b>Vazão média</b>	<b>56,9</b>	<b>54,2</b>
<b>Vazão mínima</b>	<b>30,9</b>	<b>30,9</b>

**Tabela 3.15**  
**Rio Correntes no Local do Aproveitamento**  
**Vazões Médias Mensais**

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	média
1931	55,63	69,96	84,37	63,49	59,57	55,35	51,13	47,17	43,87	43,33	46,45	50,50	55,90
1932	75,74	59,90	57,23	54,49	51,28	47,84	44,21	40,78	38,02	41,79	49,96	57,54	51,57
1933	72,02	57,81	57,33	57,43	53,70	49,93	46,09	42,99	41,09	45,56	49,74	57,02	52,56
1934	53,63	53,52	54,49	52,39	49,51	45,97	42,43	39,31	39,13	38,16	57,61	67,85	49,50
1935	60,90	66,01	63,81	60,90	57,40	53,81	49,77	46,53	43,20	46,65	50,42	53,99	54,45
1936	54,64	61,23	57,40	54,31	51,32	47,68	44,00	40,74	38,35	36,99	40,47	56,99	48,68
1937	49,66	58,90	57,30	53,74	50,91	47,64	44,25	40,83	37,75	40,16	49,58	62,20	49,41
1938	54,96	65,70	57,47	54,28	51,10	47,33	43,71	40,30	38,26	37,18	39,22	78,78	50,69
1939	64,44	58,90	55,27	53,88	50,65	47,33	44,00	40,65	37,89	39,58	43,75	45,89	48,52
1940	64,13	86,68	73,75	61,23	57,40	53,45	49,35	45,56	42,86	43,50	53,96	58,90	57,56
1941	65,39	63,17	67,24	59,90	56,57	52,54	48,50	44,79	42,26	41,22	52,76	53,41	53,98
1942	63,17	74,89	66,94	62,53	58,90	54,74	50,53	46,61	45,60	45,11	58,49	68,16	57,97
1943	83,85	66,63	66,63	61,88	58,32	54,03	49,89	46,01	43,24	45,48	71,14	73,18	60,02
1944	57,88	71,73	62,20	58,39	54,81	50,83	46,93	43,28	39,94	43,24	49,55	61,88	53,39
1945	84,37	66,63	74,04	79,87	66,01	61,55	57,09	52,69	48,62	51,77	80,14	93,37	68,01
1946	68,16	66,01	66,32	61,55	57,98	54,10	50,00	46,17	42,90	40,91	44,12	50,61	54,07
1947	65,39	56,74	81,21	59,57	55,80	51,69	47,84	44,50	42,22	43,16	48,74	72,02	55,74
1948	60,57	60,90	63,81	57,54	53,85	49,85	46,01	42,48	39,85	42,00	67,55	116,41	58,40
1949	68,46	68,76	62,53	58,90	55,20	51,32	47,41	43,75	40,65	41,66	44,79	47,25	52,56
1950	49,32	53,85	66,63	54,10	51,10	47,33	43,71	40,38	37,84	39,76	49,01	55,63	49,05
1951	68,16	58,90	58,25	54,53	51,47	48,11	44,46	41,05	37,98	38,76	40,61	48,35	49,22
1952	52,50	56,05	58,46	53,16	50,38	46,73	43,12	39,80	37,04	36,61	43,33	46,45	46,97
1953	46,65	53,70	57,43	52,83	50,08	46,57	43,03	39,94	40,12	41,18	47,09	60,24	48,24
1954	52,76	56,95	53,20	50,42	47,25	44,00	40,65	37,51	34,72	34,72	36,28	46,13	44,55
1955	62,20	52,98	51,13	51,51	48,47	45,07	41,61	38,39	35,65	42,48	43,07	57,71	47,52
1956	53,81	56,74	55,20	54,10	52,69	49,81	46,73	43,33	40,38	41,00	51,99	67,85	51,14
1957	62,85	73,18	61,55	58,42	55,56	52,03	48,11	44,54	42,61	41,31	44,21	60,57	53,74
1958	66,01	58,90	56,57	59,90	54,85	51,66	48,50	44,99	42,61	42,31	44,66	61,88	52,74
1959	92,64	60,90	65,07	58,36	54,67	50,83	47,05	43,45	40,65	41,92	45,64	50,00	54,27
1960	82,80	67,85	62,85	58,90	55,35	51,77	47,84	44,16	41,00	50,83	64,76	67,55	57,97
1961	74,04	67,55	63,81	59,90	56,01	51,99	48,00	44,29	41,27	40,91	44,83	58,56	54,26
1962	67,24	57,61	58,56	54,42	51,13	47,56	44,00	40,61	38,07	40,16	46,33	56,71	50,20
1963	56,74	59,57	54,42	51,66	48,66	45,20	41,74	38,49	35,60	33,66	35,60	40,03	45,11
1964	58,90	63,81	55,03	49,62	41,09	38,16	37,79	35,55	36,23	41,87	44,46	50,46	46,08
1965	53,78	66,94	69,36	56,64	47,25	42,35	41,22	39,26	39,62	49,32	49,62	51,99	50,61
1966	58,90	67,85	56,92	48,66	52,36	43,07	40,30	38,26	38,58	49,05	50,68	51,66	49,69
1967	56,47	58,90	59,24	51,47	44,21	42,90	39,22	37,37	37,75	40,56	50,53	48,19	47,23
1968	56,78	65,39	51,66	44,21	41,40	39,85	38,44	38,16	40,96	41,22	43,83	56,50	46,53
1969	50,57	59,90	55,45	47,45	42,65	39,32	35,46	34,69	34,91	37,55	43,67	50,97	44,38
1970	42,53	44,37	41,10	40,26	39,15	33,51	32,03	30,89	32,86	37,75	36,96	37,21	37,39
1971	41,87	41,51	48,25	38,22	36,20	33,66	33,43	31,18	32,23	37,40	38,43	41,56	37,83
1972	41,94	48,27	42,63	40,85	34,89	33,04	33,59	32,75	33,51	42,53	44,27	48,22	39,71
1973	52,02	58,96	50,66	51,07	45,19	39,83	37,61	35,65	35,18	43,06	49,46	48,64	45,61
1974	54,28	58,44	67,40	68,45	53,65	47,07	42,75	40,52	40,32	42,62	43,58	52,73	50,98
1975	55,84	62,53	58,36	54,24	49,06	42,81	41,67	38,50	37,94	42,90	51,39	55,35	49,22
1976	53,34	61,08	65,33	55,43	55,70	48,17	43,20	41,57	44,70	47,75	56,04	66,23	53,21
1977	64,67	79,00	66,90	66,97	63,75	65,99	61,38	60,76	62,56	54,16	59,37	63,01	64,04
1978	102,02	85,14	94,89	77,84	67,63	60,59	54,46	51,11	56,32	52,63	59,31	71,64	69,47
1979	101,43	95,16	96,57	57,94	55,39	49,80	47,32	51,95	63,20	54,67	63,10	67,19	66,98
1980	77,98	102,17	89,10	77,21	63,93	58,29	54,34	50,44	52,92	49,61	57,38	68,75	66,84
1981	72,49	72,94	80,80	61,53	54,58	55,49	51,63	49,43	48,23	53,45	61,33	64,99	60,57
1982	69,98	81,79	85,92	70,26	58,90	54,28	52,58	51,01	51,47	50,87	56,68	60,90	62,05
1983	68,86	71,77	62,68	58,38	53,02	52,39	49,75	48,24	47,61	49,42	57,47	73,40	57,75
1984	70,70	69,05	66,01	66,13	62,99	54,80	52,63	49,47	44,29	48,39	63,13	70,79	59,86
1985	81,16	80,54	77,89	61,55	53,27	49,01	47,80	45,16	45,20	46,25	49,13	49,96	57,24
1986	54,84	67,92	72,47	61,37	58,54	53,12	50,07	52,02	49,44	48,14	47,56	66,61	56,84
1987	70,41	72,38	76,48	72,62	53,63	56,36	46,09	49,81	48,18	50,38	52,17	61,97	59,21
1988	71,24	80,68	86,71	81,46	69,09	60,64	57,37	54,57	52,05	50,40	55,35	63,43	65,25
1989	73,75	87,44	78,78	66,63	58,90	54,78	52,28	50,91	49,51	51,66	58,22	76,86	63,31
1990	73,47	68,16	66,01	60,90	60,57	51,39	49,51	48,81	51,58	54,06	52,72	56,15	57,78
1991	71,44	77,41	86,17	68,16	57,43	53,02	50,12	47,80	47,09	52,61	54,67	61,55	60,62
1992	67,24	69,06	69,66	65,39	56,92	50,80	48,31	46,73	59,90	57,40	64,13	65,39	60,08
1993	57,57	76,86	65,39	59,24	50,95	55,66	46,25	45,16	50,15	51,43	55,56	65,70	56,66
1994	60,90	93,61	55,56	51,51	54,35	48,00	43,12	42,35	39,35	51,43	55,56	65,70	55,12
1995	76,99	107,24	70,38	75,71	69,84	63,71	52,17	49,66	48,93	60,86	53,63	69,48	66,55
1996	69,30	68,91	87,85	60,60	55,84	52,61	49,85	46,89	54,10	54,17	88,75	80,94	64,15
1997	76,99	69,09	63,81	58,97	61,23	73,50	53,45	53,63	52,54	58,49	52,17	67,09	61,75

ESTATÍSTICAS DA SÉRIE COMPLETA

mínima	41,87	41,51	41,10	38,22	34,89	33,04	32,03	30,89	32,23	33,66	35,60	37,21	
média	64,50	67,21	65,28	58,59	53,75	50,05	46,25	43,83	43,14	45,18	51,58	60,52	54,16
máxima	102,02	107,24	96,57	81,46	69,84	73,50	61,38	60,76	63,20	60,86	88,75	116,41	

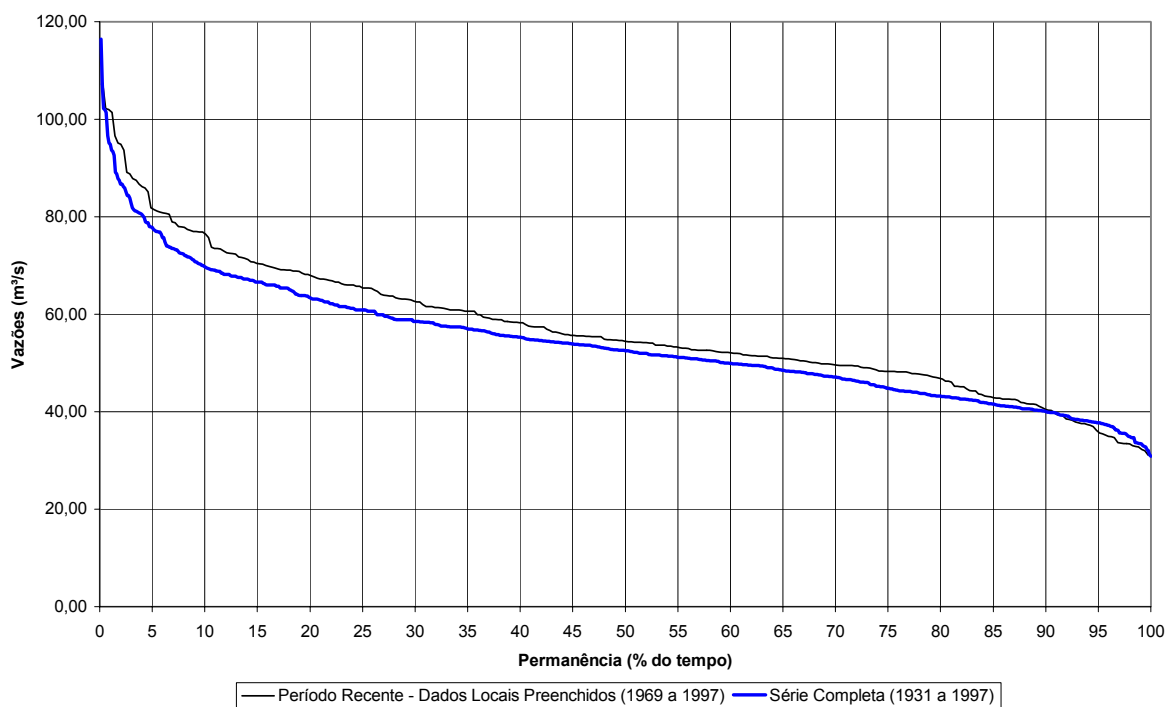
ESTATÍSTICAS DA SÉRIE RECENTE

mínima	41,87	41,51	41,10	38,22	34,89	33,04	32,03	30,89	32,23	37,40	36,96	37,21	
média	66,41	72,81	69,97	61,25	55,08	51,44	47,25	45,92	47,11	49,38	54,52	61,81	56,91
máxima	102,02	107,24	96,57	81,46	69,84	73,50	61,38	60,76	63,20	60,86	88,75	80,94	

A Figura 3.16 mostra as curvas de permanência de vazões médias mensais no AHE Santa Gabriela considerando dois períodos de dados analisados:

- Período recente de dados (vazões fornecidas pela ANEEL e falhas preenchidas com dados das bacias vizinhas);
- Período completo (desde 1931), com os dados anteriores a 1969 preenchidos a partir de Cachoeira Grande, admitindo a correlação estabelecida apenas para os dados de vazões da ANEEL.

**Figura 3.16**  
**Curvas de Permanência de Vazões Médias Mensais**



### 3.1.5. Análise de Frequência de Cheias

Para a realização da análise de frequência de cheias foram inicialmente apropriados, dos registros de vazões médias diárias disponíveis, os valores máximos observados em cada ano hidrológico, tomando de novembro do ano atual até outubro do ano seguinte. A Tabela 3.17 apresenta as vazões apropriadas nos diversos postos com dados disponíveis.

A análise da Tabela 3.17, onde são exibidas as médias amostrais, para os períodos disponíveis e para o período de dados comuns a todas as estações, mostra que as vazões específicas de cheias observadas no rio Correntes são muito inferiores àquelas observadas nas bacias vizinhas, dificultando o emprego das técnicas mais correntes de regionalização.

**Tabela 3.17**  
**Vazões Máximas Anuais Apropriadas (m<sup>3</sup>/s)**

Rio	Correntes	Itiquira	Piquirí	Itiquira	Araguaia
Posto	BR-163	BR-163	BR-163	Itiquira	Cachoeira Grande
Área (km <sup>2</sup> )	3.997	5.100	3.240	2.872	4.504
1.965					251
1.966					248
1.967					182
1.968					184
1.969					226
1.970	93,8	90,1	45		192
1.971	89,7	82	77,1		117
1.972	86,4	104	70,3	113	157
1.973	104	119	79,6	149	321
1.974	102	162	88,5	192	496
1.975	102	119	122	105	302
1.976	93,8	238	107	221	343
1.977	129	-	250	290	351
1.978	194	571	171	1199	334
1.979		-	114	702	460
1.980		401	132	380	425
1.981		202	-	201	223
1.982			-	341	348
1.983			-	201	434
1.984			127	398	287
1.985			-	280	277
1.986			125	184	315
1.987			-	292	302
1.988			-	550	359
1.989				372	490
1.990				208	318
1.991				286	265
1.992				-	
1.993				262	
1.994				355	
1.995				949	

Pode-se, ainda neste quadro, visualizar a inconsistência dos dados do posto Itiquira que apresenta valores de cheias exagerados e muito maiores que os registrados no posto a jusante BR-163 Itiquira.

Com estas observações, análises concentraram-se nos postos Estrada BR-163 Correntes (próximo ao local de interesse), Piquirí, no rio Piquirí, e Cachoeira Grande (que dispõe de

registro longo e confiável), realizando-se uma análise de freqüência de cheia com base nas séries de máximos apropriadas nestes locais.

Os resultados obtidos aparecem na Tabela 3.18, que mostra as vazões máximas anuais associadas a diversos tempos de recorrência. São também apresentadas as vazões específicas calculadas para cada local. Foi empregada a Distribuição de Gumbel em todos os locais, considerando que a assimetria amostral calculada para Cachoeira Grande e BR-163 Piquiri foram inferiores a 1,50. A série do posto BR-163 Correntes apresentou assimetria maior que 1,50 devido ao reduzido número de dados.

**Tabela 3.18**  
**Freqüência de Vazões Máximas Anuais nos Postos de Referência**  
**Vazões Médias Diárias e Específicas em Função do Tempo de Recorrência**

Estatística	Posto Correntes BR-163		Posto Piquiri BR-163		Posto Cachoeira Grande	
	(m <sup>3</sup> /s)		(m <sup>3</sup> /s)		(m <sup>3</sup> /s)	
Média	110,5		116		304	
Máxima	194		250		496	
Mínima	86,4		45		117	
Coef. Var.	0,305		0,447		0,327	
Assimetria	2,332		1,407		0,240	
Tempo de Recorrência (TR)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Vazão Específica (l/s/km <sup>2</sup> )	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Vazão Específica (l/s/km <sup>2</sup> )	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Vazão Específica (l/s/km <sup>2</sup> )
2	100	25	108	33	288	64
5	131	33	153	47	376	83
10	154	39	184	57	434	96
20	178	44	222	68	490	109
50	209	52	251	77	562	125
100	232	58	279	86	616	137
1.000	309	77	372	115	795	176
10.000	387	97	465	144	974	216

Observa-se que, de forma consoante com os dados observados, as vazões máximas calculadas para o posto do rio Correntes em BR-163 foram extremamente baixas. Adotar uma cheia decamilenar com descarga específica da ordem de 100 l/s/km<sup>2</sup> no dimensionamento de um Vertedouro parece ser uma temeridade, embora os dados disponíveis estejam aparentemente apontando este valor.

Deste modo, optou-se por definir as vazões de cheia para a PCH Santa Gabriela transferindo para o local os valores calculados para o rio Araguaia em Cachoeira Grande, por simples relação de áreas de drenagem. Além disso, como nos postos utilizados não existem registradores de níveis d'água e as leituras de réguas ocorrem apenas duas vezes por dia, os valores obtidos para as vazões máximas médias diárias ( $Q_{med}$ ) foram convertidos em valores máximos instantâneos ( $Q_{inst}$ ) pela expressão empírica de Fuller, dada por:

$$Q_{inst} = Q_{med} \times \left( 1 + \left( \frac{2.66}{A^{0.3}} \right) \right)$$

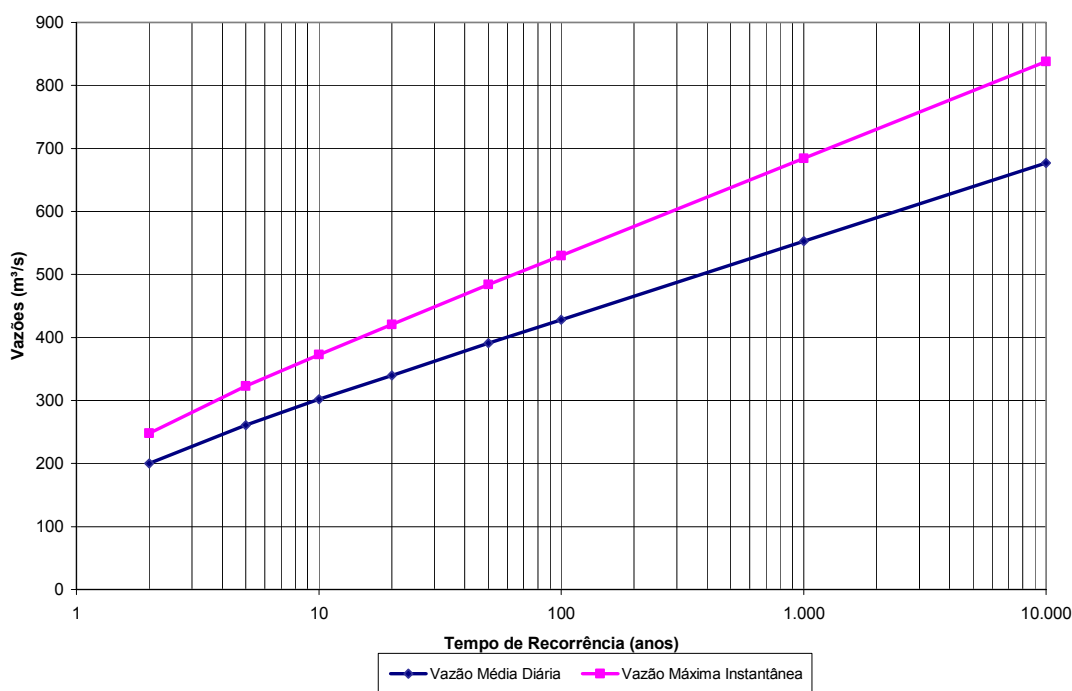
onde A é a área de drenagem da bacia hidrográfica, em km<sup>2</sup>.

A Tabela 3.19 e a Figura 3.20 apresentam os resultados obtidos para cheias máximas anuais do rio Correntes no local da PCH Santa Gabriela.

**Tabela 3.19**  
**Cheias Máximas Anuais (m<sup>3</sup>/s)**

TEMPO DE RECORRÊNCIA (TR)	VAZÃO MÉDIA DIÁRIA	VAZÃO MÁXIMA INSTANTÂNEA
2	200	248
5	261	323
10	302	373
20	340	421
50	391	484
100	428	530
1.000	553	684
10.000	677	838

**Figura 3.20**  
**Cheias Máximas Anuais no Local da PCH Santa Gabriela**





### 3.1.6. Análise de Frequência de Vazões Extremas na Estiagem

Para avaliação das vazões máximas durante a estiagem, informação necessária ao dimensionamento de dispositivos hidráulicos associados às etapas construtivas da obra, foram inicialmente apropriados, dos registros de vazões médias diárias, os valores máximos observados em cada ano, nos meses de maio até outubro. A Tabela 3.21 apresenta as vazões apropriadas nos diversos postos com dados disponíveis.

**Tabela 3.21**  
**Vazões Máximas Apropriadas na Estiagem (m<sup>3</sup>/s)**

Rio	Correntes	Itiquira	Piquirí	Itiquira	Araguaia
Posto	BR-163	BR-163	BR-163	Itiquira	Cachoeira Grande
Área	3.997	5.100	3.240	2.872	4.504
1.964					69,4
1.965					135
1.966					135
1.967					77,8
1.968					77,8
1.969	-	-	-		84,2
1.970	61,10	60,7	20,1		68,3
1.971	56,50	67,4	29,5	-	93,5
1.972	86,4	80,8	26,3	88,4	131
1.973	70,4	86	55,4	125	219
1.974	78,1	82	41,9	80,5	170
1.975	89	91,4	41,8	105	186
1.976	92,4	115	50	114	237
1.977	97,3	122	63	120	128
1.978	106	141	90,9	129	126
1.979		-	57,4	184	163
1.980		134	60,1	114	94,9
1.981		112	32,5	80,9	92,1
1.982			-	91,3	145
1.983			35,8	102	97,7
1.984			65,8	149	136
1.985			-	73,9	111
1.986			57,7	184	89,4
1.987			-	88,2	239
1.988			89,3	55,3	118
1.989				102	148
1.990				133	148
1.991				137	111
1.992				-	
1.993				133	
1.994				358	

Da mesma forma que para os períodos de cheia, as vazões específicas de cheias observadas no rio Correntes são muito inferiores àquelas observadas nas bacias vizinhas. De acordo com as considerações apresentadas no item precedente, decidiu-se fundamentar a definição das vazões máximas de estiagem para a PCH Santa Gabriela nos resultados do posto de Cachoeira Grande, no rio Araguaia.

Para este local foi realizada uma análise de frequência de vazões máximas no período maio-outubro, com base na série apresentada na Tabela 3.21. Os resultados obtidos aparecem na Tabela 3.22, que mostra as vazões máximas na estiagem associadas a diversos tempos de recorrência, para o posto de Cachoeira Grande. São também apresentadas as vazões específicas calculadas para cada local. Foi empregada a distribuição Log-Normal de 3 parâmetros que no conjunto de distribuições estudadas foi a que apresentou o melhor ajuste à amostra disponível.

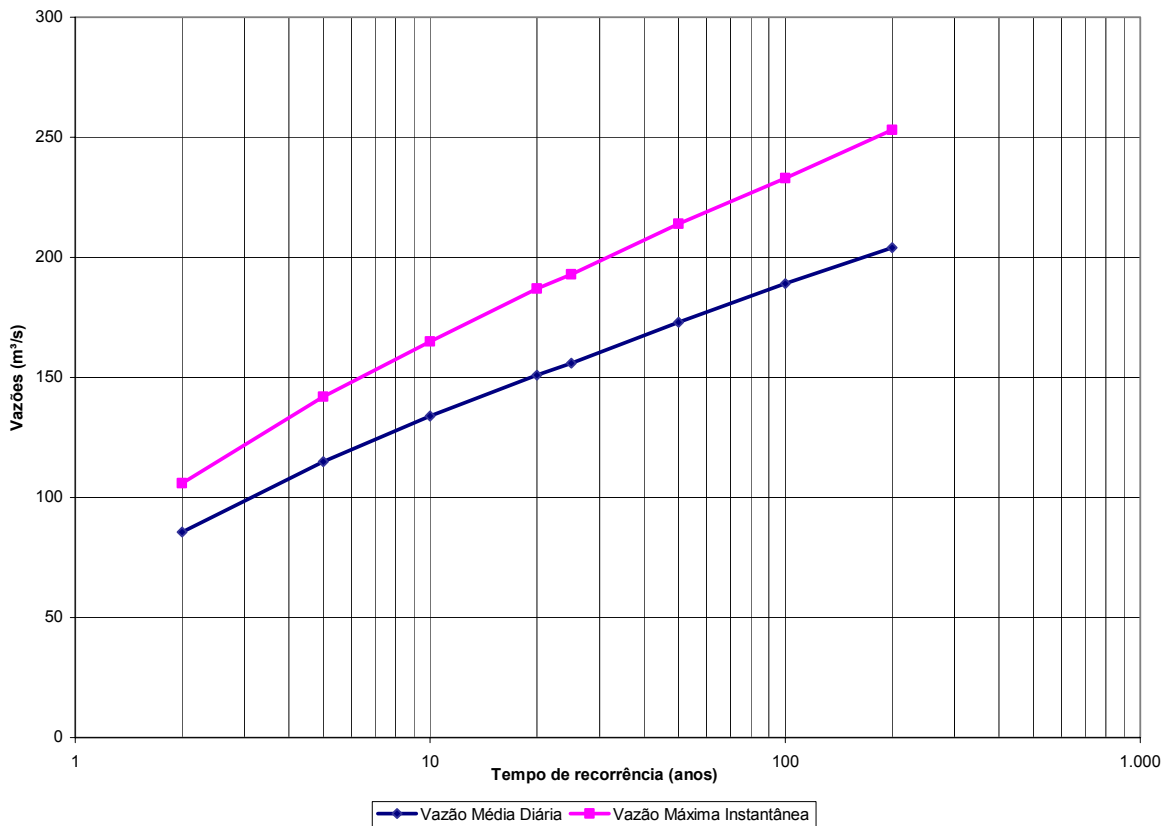
As vazões máximas para o período de estiagem na PCH Santa Gabriela foram obtidas transferindo para o local os valores calculados para o rio Araguaia em Cachoeira Grande, por simples relação de áreas de drenagem. Aplicou-se também aos valores estimados para as vazões médias diárias o Coeficiente de Fuller, definido no item precedente, para se obter as estimativas de vazões máximas instantâneas.

A Tabela 3.22 apresenta o resultado das análises, indicando as vazões máximas calculadas para Cachoeira Grande e os respectivos valores estimados para o local da PCH Santa Gabriela. A Figura 3.23 apresenta um gráfico indicando as vazões máximas no local da barragem.

**Tabela 3.22**  
**Análise de Frequência de Vazões Máximas Anuais na Estiagem**  
**Vazões Médias Diárias e Específicas em Função do Tempo de Recorrência (m<sup>3</sup>/s)**

	Posto Cachoeira Grande Médias Diárias		Posto AHE Santa Gabriela Médias Diárias	Posto AHE Santa Gabriela Máximas Instantâneas
Vazão Média	129,7			
Vazão Máxima	239			
Vazão Mínima	68,3			
Coef. Var.	0,365			
Assimetria	0,927			
Tempo de Recorrência (TR)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Vazão Específica (l/s/km <sup>2</sup> )	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Vazão Específica (l/s/km <sup>2</sup> )
2	123	27	85,6	106
5	165	37	115	142
10	192	43	134	165
20	217	48	151	187
25	225	50	156	193
50	248	55	173	214
100	271	60	189	233
200	294	65	204	253

**Figura 3.23**  
**Cheias Máximas na Estiagem no Local da PCH Santa Gabriela**



### 3.1.7. Estudos de Enchimento do Reservatório

O reservatório da PCH Santa Gabriela possui volume reduzido, de modo que o enchimento do mesmo será rápido. Para subsidiar a programação futura da operação de fechamento da Estrutura de Desvio e enchimento do lago, foram elaboradas estatísticas do tempo necessário para que o nível d'água alcance a El. 459,00 m, correspondente à crista da soleira vertente do Vertedouro (NA máximo normal).

Admitiu-se, para o levantamento das estatísticas, a possibilidade de início do enchimento em qualquer mês.

Durante o enchimento do reservatório foi considerada a liberação para jusante, através da Estrutura de Desvio, uma vazão sanitária de 24,7m³/s, correspondente a 80% da mínima vazão média mensal do rio Correntes, no local do aproveitamento.

A Tabela 3.24 apresenta, para o fechamento realizado em cada mês, os tempos de enchimento completo associados a diferentes freqüências.

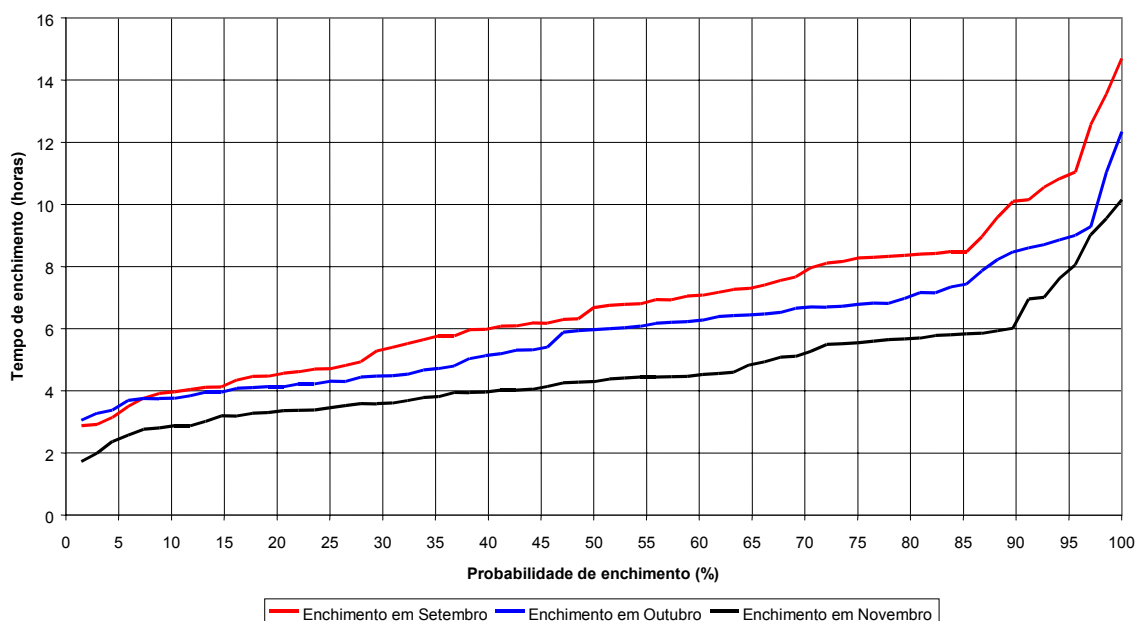
**Tabela 3.24**  
**Tempo de Enchimento do Reservatório (h) até a El. 459,00 m**

%	MÊS DE INÍCIO DE ENCHIMENTO											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
5	1,9	1,6	1,8	2,1	2,7	3,0	3,7	4,0	3,5	3,7	2,6	2,0
10	2,0	1,8	1,8	2,4	2,9	3,3	4,0	4,2	4,0	3,8	2,9	2,3
20	2,3	2,2	2,2	2,9	3,3	3,7	4,4	4,5	4,6	4,1	3,4	2,6
30	2,4	2,5	2,6	3,0	3,5	3,9	4,5	5,0	5,4	4,5	3,6	2,7
40	2,6	2,6	2,7	3,2	3,6	4,1	4,8	5,5	6,1	5,2	4,0	3,0
50	2,8	2,6	2,8	3,3	3,7	4,2	5,0	5,7	6,7	6,0	4,3	3,1
60	3,1	2,9	3,0	3,5	3,9	4,7	5,6	6,3	7,1	6,3	4,5	3,4
70	3,5	3,2	3,4	3,7	4,2	4,9	5,8	7,0	8,0	6,7	5,3	3,9
80	3,8	3,3	3,6	4,0	4,5	5,4	6,5	7,6	8,4	7,2	5,7	4,3
90	4,3	3,8	3,9	4,4	5,7	7,3	8,1	8,7	10,1	8,6	7,0	4,9
95	5,0	3,9	4,3	5,7	6,8	8,2	10,3	11,1	11,0	9,0	8,1	5,2

Observa-se que o enchimento completo do reservatório deverá ocorrer, em qualquer hipótese, no mesmo dia do fechamento do Desvio. É recomendável que a Galeria que será mantida definitivamente como Descarregador de Fundo seja fechada por último, de modo a reduzir os riscos inerentes à operação.

A Figura 3.25 ilustra as probabilidades de tempo de enchimento do reservatório, admitindo que a operação seja realizada nos meses de setembro, outubro e novembro.

**Figura 3.25**  
**Enchimento do Reservatório ao Final da Estiagem**



### 3.1.8. Estudos de Remanso do Reservatório

Os estudos efetuados para caracterizar os efeitos de remanso do reservatório da PCH Santa Gabriela tiveram como principal objetivo estabelecer os efeitos do reservatório sobre o escoamento do rio Correntes, envolvendo cheias para diversos tempos de recorrência. Para isto, o presente estudo estendeu sua análise em um trecho total de cerca de 12,5 km a partir do local do barramento.

Na análise dos efeitos de remanso foi utilizado o modelo HEC-RAS, desenvolvido pelo “Hidrologic Engineering Center”, que realiza a simulação do escoamento permanente, gradualmente variado, em rios e canais, baseado na solução da equação diferencial do escoamento unidimensional à superfície livre. Por meio deste programa pode-se calcular o perfil de linha d’água para rios de qualquer seção transversal, sob escoamento subcrítico ou supercrítico, para diversas vazões em trânsito e condições de contorno.

Para o desenvolvimento dos estudos foram utilizadas 10 seções topobatimétricas do reservatório, ST-05 a ST-15.

Apesar de, na região em estudo, não existirem dados em postos fluviométricos, foram feitas inspeções locais que permitiram a observação da calha do rio. Com isso, estipulou-se inicialmente um coeficiente de Manning igual a 0,030, válido para todo o estirão em estudo e para as diversas situações de escoamento simuladas.

Para que o modelo pudesse produzir resultados confiáveis, o estirão fluvial em estudo foi dividido em nove trechos com extensões entre 65m e 2.938m, delimitados pelas seções topobatimétricas levantadas. Para os trechos mais longos foram introduzidas seções auxiliares, interpoladas entre as seções levantadas, de modo que não ocorressem distâncias superiores a 500 metros entre duas seções de cálculo.

A Tabela 3.26 ilustra a topologia do modelo, apresentando as características dos trechos simulados: suas seções, seus comprimentos, suas distâncias até a barragem e as cotas de fundo.

**Tabela 3.26**  
**Topologia do Modelo de Remanso**

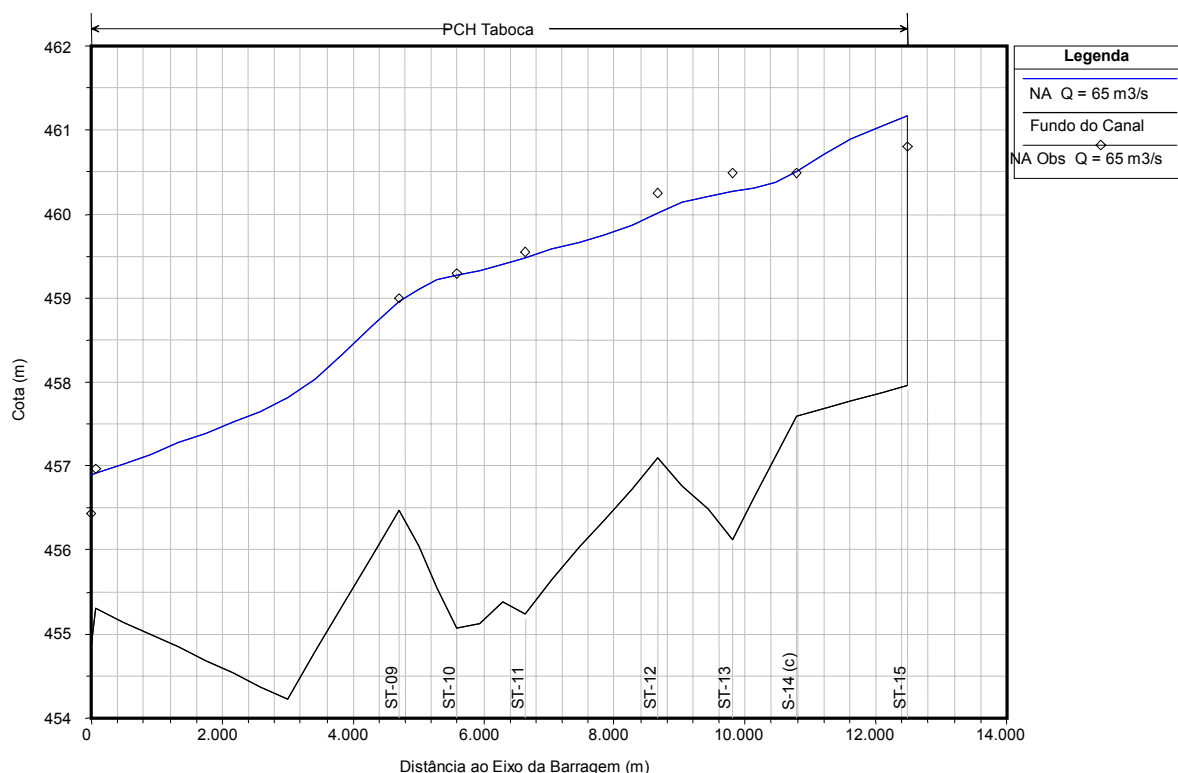
TRECHO	SEÇÕES LIMITES	COMPRIMENTO (M)	DISTÂNCIA À BARRAGEM (M)	COTA DE FUNDO (M)
1	ST-15 - ST-14	1.703	10.784	457,60
2	ST-14 - ST-13	980	9.804	456,12
3	ST-13 - ST-12	1.139	8.665	457,10
4	ST-12 - ST-11	2.030	6.635	455,23
5	ST-11 - ST-10	1.040	5.595	455,08
6	ST-10 - ST-09	891	4.704	456,47
7	ST-09 - ST-08	1.701	3.003	454,22
8	ST-08 - ST-06	2.938	65	455,30
9	ST-06 - ST-05	65	0	454,84

Os perfis de escoamento foram calculados de jusante para montante, supondo o coeficiente de rugosidade de Manning  $n = 0,030$ , em todo o trecho de estudo.

A calibração do modelo foi feita a partir dos níveis d'água observados durante o levantamento topobatimétrico, quando as vazões estavam em torno de  $65 \text{ m}^3/\text{s}$ . Foi utilizada como condição de contorno do modelo a declividade da linha d'água medida na seção mais a jusante, a seção ST-05, igual a  $0,0002 \text{ m/m}$ .

O resultado da calibração do modelo está ilustrado na Figura 3.27, que mostra o perfil de linha d'água simulado e os níveis levantados no campo. Este Gráfico mostra que o coeficiente de Manning, assumido constante em todo o trecho, permitiu boa aderência entre o perfil simulado e os pontos observados.

**Figura 3.27**  
**Tabela Calibração do Modelo HEC-RAS**



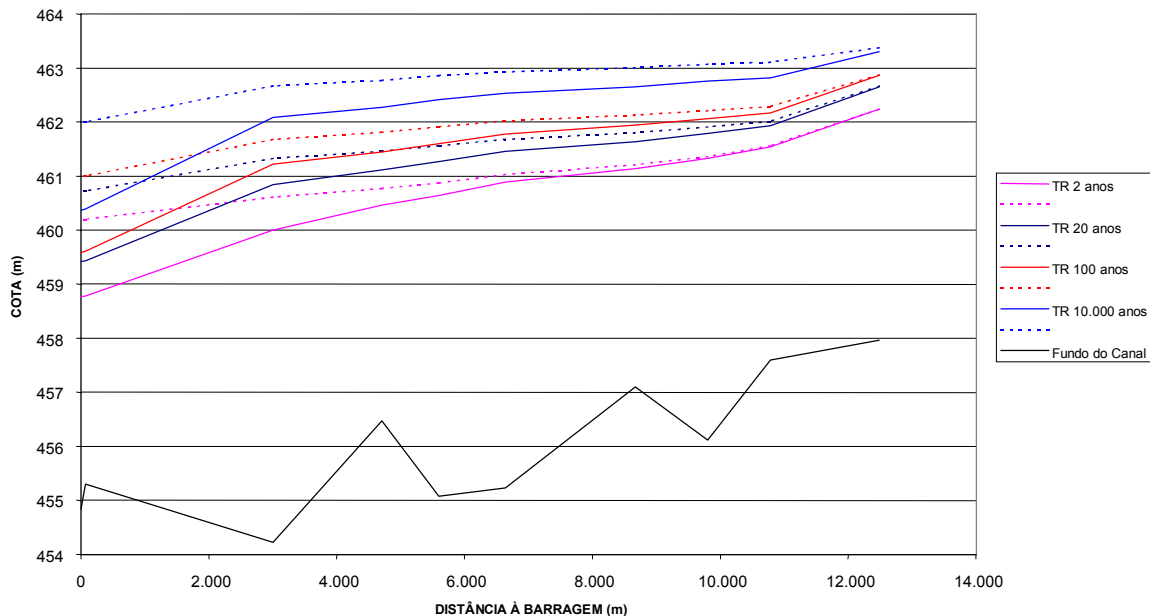
Para o modelo de remanso assim calibrado foram feitas diversas simulações de perfis de linha d'água do rio Correntes, entre a barragem e a seção ST-15, considerando as condições atuais e futuras, após a implantação do aproveitamento. Foram simulados os perfis de linha d'água para vazões com tempo de recorrência de 2, 20, 100 e 10.000 anos.

De modo a organizar os resultados e facilitar a análise dos mesmos, foram preparados a Tabela 3.28 e a Figura 3.29 apresentados a seguir, com o resumo dos perfis de nível d'água ao longo do estirão em estudo.

**Tabela 3.28**  
**Níveis D'Água no Rio Correntes Antes e Depois do Reservatório**

SEÇÃO	COTA DE FUNDO (m)	TR = 2 ANOS		TR = 20 ANOS		TR = 100 ANOS		TR = 10.000 ANOS	
		248 m <sup>3</sup> /s		421 m <sup>3</sup> /s		530 m <sup>3</sup> /s		838 m <sup>3</sup> /s	
		ATUAL	RESERV.	ATUAL	RESERV.	ATUAL	RESERV.	ATUAL	RESERV.
ST-15	457,96	462,24	462,24	462,66	462,67	462,86	462,88	463,30	463,38
ST-14	457,60	461,54	461,56	461,93	462,01	462,17	462,29	462,82	463,11
ST-13	456,12	461,32	461,36	461,79	461,91	462,06	462,21	462,76	463,07
ST-12	457,10	461,14	461,21	461,64	461,80	461,94	462,13	462,66	463,01
ST-11	455,23	460,89	461,03	461,46	461,68	461,78	462,02	462,54	462,93
ST-10	455,08	460,64	460,87	461,27	461,56	461,60	461,91	462,42	462,86
ST-09	456,47	460,46	460,77	461,11	461,46	461,45	461,81	462,27	462,77
ST-08	454,22	460,00	460,61	460,84	461,33	461,22	461,68	462,09	462,67
ST-06	455,30	458,78	460,20	459,43	460,72	459,61	461,00	460,39	462,00
ST-05	454,84	458,77	460,20	459,42	460,72	459,59	461,00	460,37	462,00

**Figura 3.29**  
**Perfis de Linha D'Água antes e depois da PCH Santa Gabriela**



Pode-se observar, dos resultados obtidos, que os efeitos do remanso do reservatório limitam-se ao estirão entre a barragem e a seção ST-14, para as enchentes mais freqüentes (TR=2 anos), alcançando ainda o trecho entre as seções ST-14 e ST-15 para as enchentes mais rigorosas (TR=20 e 100 anos). O remanso do reservatório ultrapassa um pouco a seção ST-15 somente para as cheias excepcionais (TR=10.000 anos), mesmo assim com elevação do nível da enchente de apenas 8 centímetros. Portanto, pode-se afirmar, que não haverá impacto do reservatório de Santa Gabriela a partir desta seção.

### 3.1.9. Estudos Sedimentológicos

Os estudos sedimentológicos realizados basearam-se no seguinte conjunto de informações:

- Duas medições de descarga sólida realizadas pela BSB em 2001 no posto fluviométrico instalado no local do futuro aproveitamento de Santa Gabriela, apresentadas no item 2.4.3;
- Trinta medições de descarga sólida realizadas pelo DNOS no rio Itiquira, a montante da estrada BR-163, no período de 1979 a 1982 (Tabela 3.30);
- Conjunto de medições recentes realizadas pela ANEEL em diversos rios da bacia do rio Paraguai, nas proximidades da área em estudo, sendo uma medição em cada local (Tabela 3.31); e
- 41 medições de descarga sólida no rio Araguaia, no posto fluviométrico de Cachoeira Grande, operado pela ANEEL (Tabela 3.32).

De modo a ter-se uma representação regional destas medições, foi elaborado um gráfico, em escala logarítmica, associando as vazões específicas líquidas ( $m^3/s/km^2$ ) com as descargas sólidas em suspensão específicas ( $ton/dia/km^2$ ), conforme apresentado na Figura 3.33.

Foram ajustadas curvas potenciais aos pontos correspondentes ao posto de Cachoeira Grande (Alto Araguaia), ao posto Ponte BR-163-Itiquira (Rio Itiquira) e ao conjunto de dados correspondentes à bacia do Alto Paraguai (Sub-bacia 66).

Os pontos medidos diretamente no rio Correntes situaram-se dentro da nuvem representativa da bacia do Alto Araguaia. Entretanto, por se tratar de medições realizadas em período de estiagem, optou-se por adotar a curva ajustada a todos os pontos da sub-bacia 66 como representativa do rio Correntes.

As descargas sólidas do rio Correntes podem, assim, ser calculadas a partir das vazões líquidas por meio da seguinte expressão:

$$Q_{Sólida} = 0,2149 \cdot Q_{Líquida}^{2,042}$$

onde:

$Q_{sólida}$  = expressa em t/dia  
 $Q_{líquida}$  = expressa em  $m^3/s$ .

Aplicando esta expressão à série de vazões líquidas médias mensais no local do aproveitamento de Santa Gabriela obtém-se uma vazão sólida em suspensão média de 732 ton/dia, para todo o período histórico.



Em estudos realizados para o aproveitamento de Itiquira (“Assoreamento de um Pequeno Reservatório - Itiquira, um Estudo de Caso”. Newton Carvalho et al., Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 5, n. 1, Jan/Mar 2000), concluiu-se que para o rio Itiquira a descarga transportada por arrasto equivale a 54% da descarga sólida total.

Esta relação aplicada para o rio Correntes forneceria uma descarga de fundo média de 859 ton/dia, ou seja, uma descarga sólida total média de 1.591 t/dia (732+859).

O reservatório da PCH Santa Gabriela possui um volume muito reduzido, cerca de 400 000 m<sup>3</sup> no NA máximo normal. Sua capacidade de retenção de sedimentos é, por consequência, muito baixa, podendo ser estimada de acordo com a metodologia descrita na publicação mencionada acima, por meio da Curva de Churchill.

Para tanto, calculou-se o índice de sedimentação, dado pela expressão:

$$IS = (g \cdot V_{res}^2) / (Q^2 \cdot L)$$

sendo:

- IS = índice de sedimentação
- g = aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>)
- V<sub>res</sub> = volume do reservatório ( 398.334 m<sup>3</sup>)
- Q = vazão média afluyente (54,2 m<sup>3</sup>/s)
- L = extensão do reservatório (10.500 m)

O valor encontrado para o índice foi 0,50 x 10<sup>5</sup> que se situa fora da área do gráfico de Churchill, indicando que o reservatório deixa passar a totalidade dos sedimentos afluentes, ou seja, capacidade de retenção nula.

Considerando estes resultados, decidiu-se utilizar uma das galerias de desvio como descarregador de fundo definitivo, de maneira permitir a limpeza periódica da região a montante da Tomada d'Água do Canal e, assim, minimizar a presença de partículas de granulometria mais grosseira no Circuito de Geração.

**Tabela 3.30**  
**Medições de Descarga Sólida no Rio Itiquira, na BR-163**  
**(A = 5.210km<sup>2</sup>)**

MEDIÇÃO	DATA	VAZÃO LÍQUIDA (M <sup>3</sup> /S)	CONCENTRAÇÃO (MG/L)
1	16-out-79	95,1	207,7
2	14-nov-79	58,9	263,3
3	08-dez-79	51,4	94,8
4	13-jan-80	123,0	126,0
5	04-fev-80	125,0	87,0
6	11-mar-80	152,2	74,0
7	11-abr-80	129,8	71,5
8	04-mai-80	91,8	68,2
9	06-jun-80	73,0	72,6
10	12-jul-80	62,6	113,6
11	09-ago-80	54,3	63,2
12	06-set-80	49,0	27,9
13	14-out-80	51,8	73,6
14	12-nov-80	79,4	339,1
15	05-dez-80	100,0	208,1
16	16-jan-81	89,5	209,4
17	06-fev-81	99,9	385,6
18	16-mar-81	104,5	174,0
19	10-abr-81	68,9	111,2
20	09-mai-81	56,0	95,2
21	12-jul-81	46,7	69,0
22	13-jul-81	47,4	107,1
23	12-set-81	45,9	132,0
24	13-set-81	43,3	112,0
25	24-nov-81	159,4	350,0
26	25-nov-81	151,0	366,8
27	28-jan-82	148,1	446,0
28	29-jan-82	140,2	368,8
29	19-mar-82	103,1	371,2
30	20-mar-82	101,0	352,0

**Tabela 3.31**  
**Medições Recentes de Descarga Sólida na Região da Bacia do**  
**Rio Correntes**

CÓDIGO	POSTO	RIO	ÁREA DE DRENAGEM (km <sup>2</sup> )	VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	CONCENTRAÇÃO (mg/l)
66070004	Cáceres (DNPVN)	Rio Paraguai	33.890	270,543	35,59
66120000	Porto Conceição	Rio Paraguai	-	280,17	119,06
66260001	Cuiabá	Rio Cuiabá	22.037	96,10	18,34
66380000	São Pedro da Cipa	Rio São Lourenço	3.674	28,76	41,92
66450001	Rondonópolis	Rio Vermelho	11.995	60,957	57,78
66460000	Acima do Cór. Grande	Rio São Lourenço	21.800	197,91	286,89
66600000	São Gerônimo	Rio Piquirí	27.150	209,67	30,16

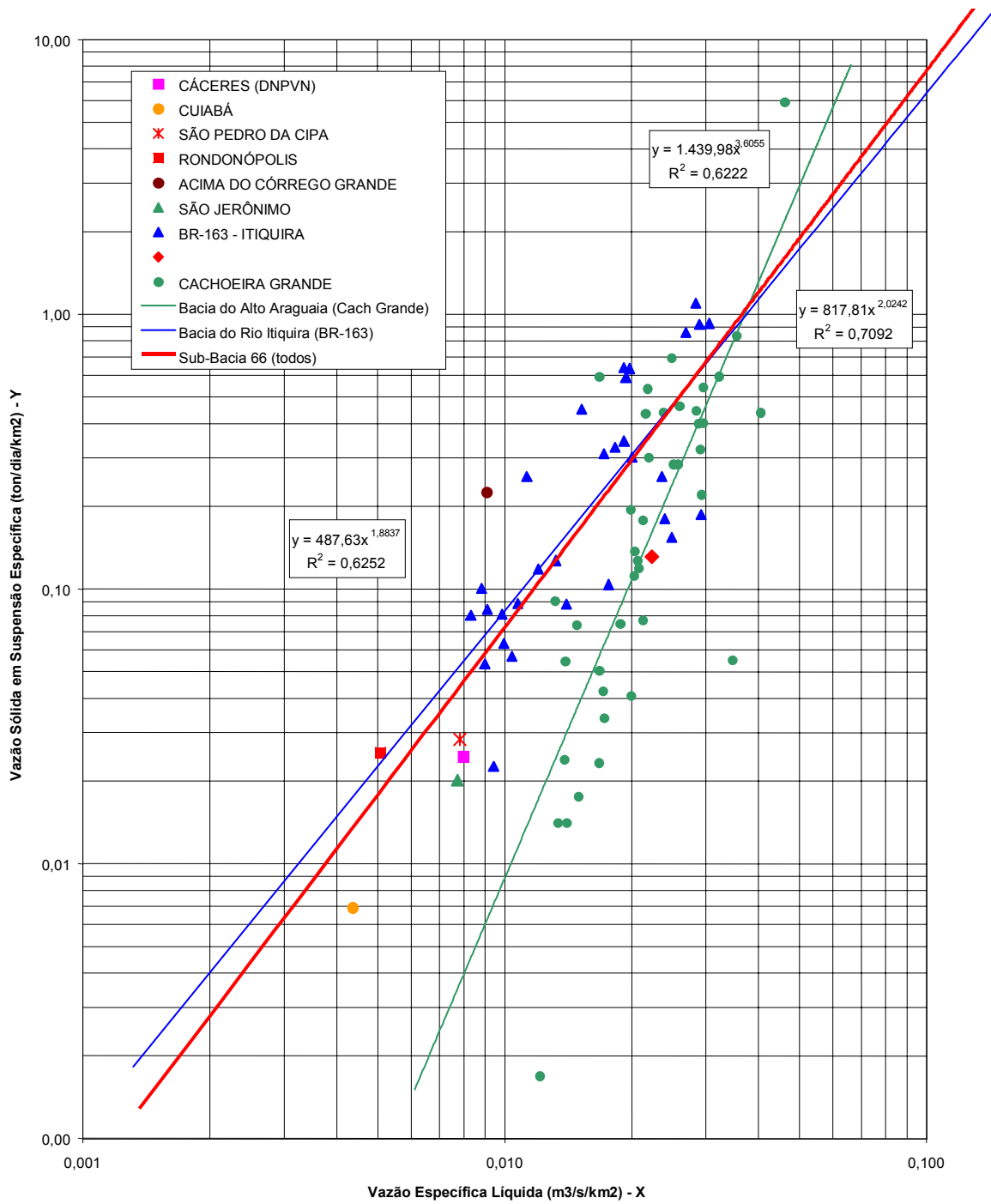
**Tabela 3.32**  
**Medições de Descarga Sólida em Cachoeira Grande, Rio Araguaia**  
**(AD=4,504km<sup>2</sup>)**

MEDIÇÃO	DATA	VAZÃO LÍQUIDA (m <sup>3</sup> /s)	CONCENTRAÇÃO (mg/l)
1	15-abr-77	107,0	214,1
2	27-mai-77	75,5	408,8
3	15-jun-77	91,5	78,4
4	22-jul-77	67,3	13,6
5	17-set-77	60,2	12,2
6	17-nov-77	113,0	131,2
7	16-dez-77	97,1	233,9
8	17-fev-78	95,7	41,9
9	19-abr-78	89,6	113,3
10	15-jun-78	77,7	22,7
11	17-ago-78	63,2	11,6
12	17-out-78	75,5	34,8
13	12-dez-78	145,0	213,6
14	15-mar-79	182,0	125,6
15	17-mar-81	98,3	284,2
16	11-set-81	59,2	79,9
17	11-dez-81	133,0	212,7
18	24-jan-82	160,0	272,1
19	26-abr-82	131,0	128,5
20	23-jul-82	75,3	16,1
21	22-out-82	98,9	159,1
22	22-jan-83	156,0	18,4
23	25-abr-83	208,0	1485,0

**Tabela 3.32 (continuação)**  
**Medições de Descarga Sólida em Cachoeira Grande, Rio Araguaia**  
**(AD=4,504km<sup>2</sup>)**

MEDIÇÃO	DATA	VAZÃO LÍQUIDA (m <sup>3</sup> /s)	CONCENTRAÇÃO (mg/l)
24	21-jul-83	93,2	71,1
25	25-jan-84	133,0	157,5
26	24-abr-84	93,6	66,3
27	21-nov-84	84,7	46,1
28	26-fev-85	128,0	181,2
29	29-abr-85	89,8	23,8
30	26-jul-85	62,4	20,0
31	21-set-85	62,7	45,4
32	15-dez-85	112,0	322,3
33	23-jul-86	54,6	1,6
34	23-abr-87	116,0	128,0
35	24-jun-87	117,0	206,4
36	10-dez-87	95,8	96,7
37	15-jan-88	130,0	160,5
38	2-set-92	91,2	63,9
39	19-mai-93	77,1	28,7
40	23-set-93	66,7	58,0
41	3-mar-94	132,0	87,0

**Figura 3.33**  
**Análise Sedimentológica**



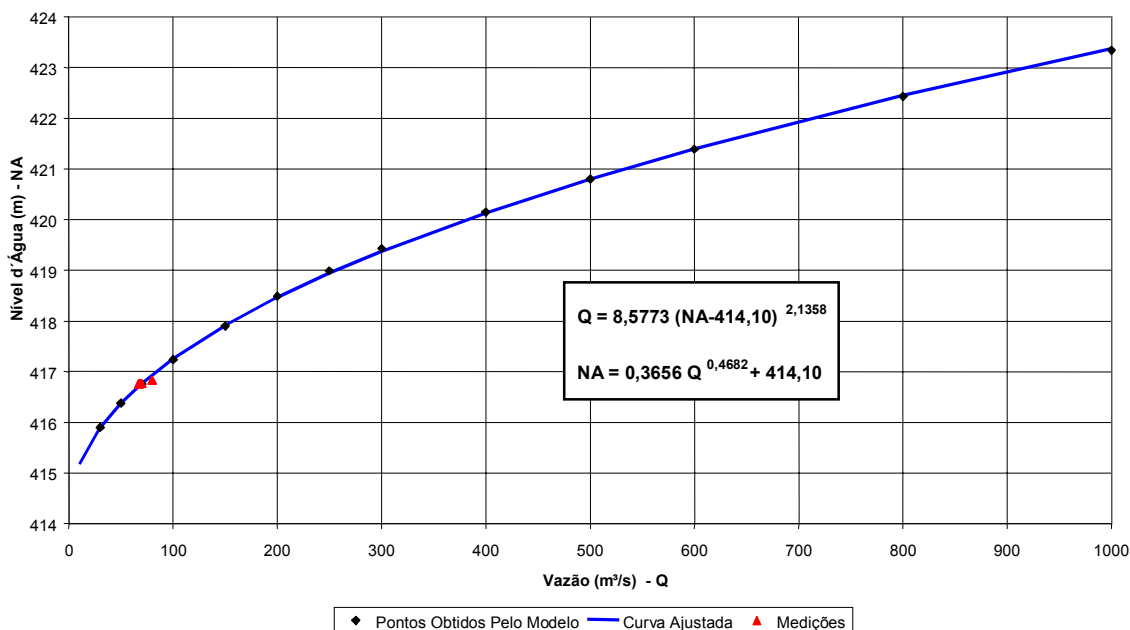
### 3.1.10. Determinação da Curva-Chave do Canal de Fuga

Para determinação da curva-chave do Canal de Fuga da PCH Santa Gabriela foram realizadas seis medições de descarga no local, nos meses de outubro e novembro de 2001. Devido ao comportamento muito regular do rio Corrente, estas medições definiram, na verdade, apenas dois pontos muito próximos, correspondentes às vazões de 70m<sup>3</sup>/s e 80m<sup>3</sup>/s, aproximadamente.

Partindo dessas informações e empregando as três seções topobatimétricas levantadas no rio Correntes, no local da régua e a jusante da mesma, foi estabelecido um modelo simples de remanso, empregando-se o programa HEC-RAS, já descrito, calibrado a partir das medições realizadas. Com o auxílio do modelo assim calibrado, foram definidos pontos da curva-chave aos quais foi ajustada uma curva teórica.

A Figura 3.34 apresenta as medições de vazão, os pontos definidos pelo modelo e a curva ajustada, juntamente com as expressões analíticas definidas para cálculo de níveis d'água ou de vazões. Pretende-se incorporar as medições que estão sendo realizadas durante o atual período de cheias para o aprimoramento desta curva-chave.

**Figura 3.34**  
**Curva-Chave no Canal de Fuga do AHE Santa Gabriela**



### 3.2. ESTUDOS GEOLÓGICOS, GEOTÉCNICOS E DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

#### 3.2.1. Geologia Regional

Segundo o mapa geológico do Projeto RADAMBRASIL - Vol. 27 - Folha Corumbá, a área de estudo está representada pelas unidades litológicas da Bacia Sedimentar do Paraná (Paleozóico e Mesozóico) e localmente por coberturas cenozóicas conforme indicado na Tabela 3.35.

**Tabela 3.35**  
**Coluna Estratigráfica**

Cronoestratigrafia			Unidades litoestratigráficas		
Cenozóico	Quaternário	Holoceno	Ha	Aluviões atuais	
		Pleistoceno	Qp	Formação Pantanal	
			Qd	Depósitos Detríticos	
	Terciário	TQdl	Cobertura Detrito-Laterítica		
Mesozóico	Cretáceo	Kb	Formação Bauru		
	Jurássico	JKb	Grupo São Bento	Formação Botucatu	
Paleozóico	Carbonífero	PCa	Formação Aquidauana		
	Devoniano	Dpg	Grupo Paraná	Formação Ponta Grossa	
	Siluriano	SDf		Formação Furnas	

— Bacia Sedimentar do Paraná

- Formação Furnas

A Formação Furnas é constituída por sedimentos arenosos, esbranquiçados, friáveis, com níveis de conglomerados e siltitos argilosos, destacando-se bancos com estratificações cruzadas.

Os conglomerados apresentam-se bastante litificados e são constituídos predominantemente por seixos e blocos de quartzo, bem arredondados, com baixa esfericidade e diâmetros entre 5 e 15 cm, imersos em uma matriz arenosa grosseira, quartzosa, mal selecionada, feldspática, com cores avermelhadas e arroxeadas, com cimento caulínico e às vezes ferruginoso.

Os arenitos representam os litótipos predominantes desta formação. Possuem granulações grosseiras, algumas vezes finas e médias a grosseiras, contendo subordinadamente níveis lenticulares de arenitos conglomeráticos. Os arenitos grosseiros e médios a grosseiros são os mais importantes neste pacote sedimentar. São essencialmente quartzosos, com variações feldspáticas, mal selecionados e mal classificados, possuem baixa esfericidade, colorações que predominam entre avermelhadas, esbranquiçadas a cinza amarelado, razoável litificação e exibem matriz siltico-argilosa e cimento silicoso e/ou ferruginoso. Portam por vezes concentrações de óxido de ferro que lhes emprestam localmente um aspecto pintalgado, lembrando pele de onça. O conteúdo em micas pode variar ao longo deste pacote arenoso, onde determinadas seções mostram uma quantidade apreciável deste mineral. Não é incomum

a presença de leitos de arenitos friáveis, facilmente constatados ao longo da rodovia BR-163, nas proximidades de Coxim e a sul de Rondonópolis.

Os litótipos pelíticos, de menor ocorrência na coluna da Formação Furnas, são compostos por leitos de siltitos e argilitos sílticos micáceos, normalmente bem litificados e finamente estratificados, que se intercalam nos arenitos. Possuem cores avermelhadas, espessuras de poucos centímetros até 0,6 m e suas maiores incidências estão reportadas ao topo da formação, quando da passagem transicional para os clásticos finos da Formação Ponta Grossa.

- Formação Ponta Grossa

A Formação Ponta Grossa é composta por sedimentos clásticos finos a muito finos, constatando-se na base um predomínio de sedimentos arenosos e no topo de siltitos, folhelhos sílticos e argilosos. Nesta porção, também ocorrem camadas de arenitos finos intercalados aos sedimentos pelíticos, porém com incidência restrita. É comum encontrar-se bancos de arenitos configurando topos de relevos aplanados, nos quais muitas vezes observam-se capas lateríticas, com 2 a 3 m de espessura, constituídas por esferulitos ferruginosos de origem epigenética.

- Formação Aquidauana

A Formação Aquidauana é composta predominantemente por sedimentos arenosos vermelho-arroxeados a avermelhados, com intercalações subordinadas de clásticos finos (siltitos e folhelhos) e grosseiros (conglomerados e diamictitos). Nos afloramentos, os sedimentos mais homogêneos mostram um tipo de alteração característica, em polígono, lembrando o conjunto “casco de tartaruga”.

- Formação Botucatu

Predominam arenitos quartzosos com típicas estratificações cruzadas eólicas, geralmente de coloração rósea ou amarelada e vermelho-tijolo, quando silicificados, muitas vezes pintalgados de branco. São na maioria de granulação fina a média, com grãos de quartzo subarredondados a bem arredondados, de esfericidade boa, bem classificados ao longo das camadas, mas mal classificados no conjunto, pouco argilosos, às vezes feldspáticos. Além da estratificação cruzada esses sedimentos mostram estratificação plano-paralela laminar. Subordinadamente ocorrem intercalações de níveis de arenitos grosseiros a conglomeráticos e de siltitos. Quase sempre esses sedimentos são friáveis e sobre eles desenvolvem-se solos arenosos, muitas vezes constituindo areões. As melhores exposições ocorrem em relevos escarpados e nos leitos das drenagens, onde localmente configuram pequenas quedas d'água.

- Formação Bauru

A Formação Bauru apresenta uma composição litológica diversificada que inclui conglomerados, arenitos quartzosos, arenitos calcíferos, siltitos, níveis de sílex e de



calcários, os quais parecem refletir mudança no ambiente de deposição (continental) ou na área fonte, bem como influências tectônicas. Os conglomerados ocorrem em diferentes níveis estratigráficos, com mais frequência na base. São constituídos principalmente por seixos de quartzo e de arenito silicificado, às vezes de basalto alterado, geralmente arredondados, dispersos em matriz arenosa ou areno-argilosa de coloração vermelha, mal selecionada. Quase sempre estão silicificados.

Os arenitos quartzosos são os tipos litológicos mais comuns. Apresentam colorações rósea, vermelha e esbranquiçada (quando alterados), granulação fina a média, com grãos subangulosos a subarredondados e estratificação plano-paralela, laminar ou em bancos, estes com aspecto maciço. Subordinadamente, ocorrem estratificações cruzadas. São freqüentes as intercalações de níveis mais grosseiros de conglomerados e de silexites e ainda a presença de grânulos e seixos de quartzo, dispostos aleatoriamente. Muitos desses arenitos contêm grãos feldspáticos alterados, que lhes atribuem um aspecto pintalgado de branco. Estes arenitos em vários locais se apresentam calcíferos, com colorações róseas ou esbranquiçadas.

Os siltitos são raros, geralmente formam camadas delgadas intercaladas nos arenitos e têm coloração vermelha. Os níveis de sílex também são delgados, com espessura média em torno de 10 cm, podendo atingir até 40 cm, como visto na região de Itiquira. São de coloração esbranquiçada e constituem, via de regra, lentes.

#### — Coberturas Cenozóicas

- Cobertura Detrito-Laterítica

Por se situarem em áreas planas que configuram extensos chapadões, os afloramentos representativos da Cobertura Detrito-Laterítica são escassos. As melhores exposições verificam-se nas quebras topográficas, em cortes de estrada e em áreas escavadas tanto por correnteza como por ação antrópica. Nos interflúvios sua presença é indicada geralmente por concreções limoníticas do tipo “piçarra” associadas a um solo argilo-arenoso vermelho. As concreções limoníticas apresentam formas arredondadas e diâmetros médios em torno de 0,5 a 1 cm, e constituem também agregados modulares representados como pequenos blocos.

Nas quebras topográficas, geralmente ocasionadas por erosão remontante, constata-se bancos concrecionários métricos que chegam a formar pequenas escarpas. Vários exemplos dessas estruturas ocorrem no vale do Rio Correntes, nas cabeceiras de diversos de seus afluentes.

- Depósitos Detríticos

Sob esta denominação foram englobados os elúvios, colúvios, alúvios e lateritos ferruginosos que ocorrem nas áreas pediplanadas da depressão do Rio Paraguai. As acumulações aqui consideradas são tidas como depósitos quaternários antigos, formados sob condições climáticas distintas da atual.

A maior parte da área mapeada como Depósitos Detríticos é formada por acumulações colúvio-aluviais que configuram pedimentos típicos. Os depósitos colúvio-aluviais são abordados conjuntamente pelo fato de ocorrerem quase sempre associados e não ser fácil a separação entre eles dependendo da escala do mapeamento.

Nestes depósitos constata-se sempre uma fração rudácea composta por fragmentos das rochas preexistentes no sítio onde ocorrem e contida em matriz arenosa mal selecionada, freqüentemente com cimento ferruginoso.

- Formação Pantanal

A Formação Pantanal é composta por sedimentos aluviais predominantemente arenosos, siltico-argilosos e argilosos, inconsolidados e semiconsolidados. Subordinadamente, verificam-se sedimentos areno-conglomeráticos nas camadas inferiores da seqüência. Nos horizontes superiores constata-se variações faciológicas observando-se locais onde há predominância de areias sobre argilas e vice-versa, ocorrendo essas nas áreas sujeitas a inundação por tempo mais prolongado. Em geral, a maior parte da superfície dos Pantanaís Mato-Grossenses é ocupada por areias quartzosas, que provavelmente dominam também nas camadas sotopostas, pois o quartzo é o principal componente das rochas das áreas-fonte.

A coloração mais freqüente desses sedimentos é cinza-claro, às vezes creme; alguns apresentam manchas castanho-amareladas e/ou avermelhadas de concentrações de óxidos e hidróxidos de ferro, localmente com horizonte concrecionário.

- Aluviões atuais

Os aluviões existem em praticamente todos os cursos da água e nas planícies lacustres, constituindo depósitos mais notáveis ao longo dos rios perenes. Nesses, identificam-se claramente tanto por fotointerpretação como em campo as formas típicas de planície fluvial, tais como ilhas aluviais, diques marginais, meandros, lagos de meandros em colmatagem, meandros abandonados colmatados e barras em pontal.

Constata-se que as faixas de aluviões atuais são mais estreitas e descontínuas ao longo dos rios nos planaltos do que nas áreas deprimidas. Os rios mostram cursos com trechos meândricos, sinuosos e retilíneos, estes últimos geralmente ocasionados pelo processo normal de rompimento dos pedúnculos, formando meandros abandonados ou lagos meandro. Em alguns rios dos planaltos, como o Itiquira, existem trechos retilinizados por controle estrutural. As direções apresentadas são as mesmas das falhas e fraturas que cortam as rochas pré-cenozóicas (N-NE, NE-SO e NO-SE).

Os sedimentos são em grande parte de areias quartzosas de granulação fina e fina a média, siltes e argilas, constituindo as areias depósitos de barra em pontal e os pelitos, de transbordamento. Os depósitos residuais de canal, com grãos de quartzo mais grosseiros, apresentam localmente seixos que mostram composição e diâmetros variáveis, em função da localização do depósito. Os grãos de quartzo são comumente hialinos, subarredondados a arredondados e de boa esfericidade. Os sedimentos das barrancas

apresentam cores geralmente claras, cinza a creme ou esbranquiçadas, muitas vezes com manchas amareladas devido a concentrações de óxidos e hidróxidos de ferro.

- Falha do Rio Correntes

Nas imediações do Rio Correntes, foi mapeada uma falha normal de direção geral NE-SO. Estima-se uma extensão total de 150 km e um rejeito da ordem de 250 a 500 m. Sua presença é sugerida pelos direcionamentos apresentados por partes dos cursos dos rios Correntes e Piquiri, e pelas orientações das escarpas que limitam a borda da Serra Preta. Sua principal característica é provavelmente estabelecer um contato tectônico entre as Formações Botucatu e Bauru tendo impedido localmente a expansão desta última. A Falha do Rio Correntes teve seu desenvolvimento provavelmente no período Cretáceo.

### 3.2.2. Geomorfologia

A área em estudo pertence a unidade geomorfológica “Planalto Taquari-Itiquira” caracterizada por um amplo planalto, cujos limites ocidentais são marcados por bordas escarpadas correspondentes a uma frente de cuesta denominadas localmente de serras de São Gerônimo e do Pantanal. Para o interior, o planalto se caracteriza por apresentar dois amplos compartimentos, em níveis altimétricos distintos, que alojam feições diferenciadas.

O compartimento superior comporta altimetrias que vão de 500 a 800 m, estendendo-se desde os limites com o Planalto dos Guimarães até um pouco a sul do rio Correntes na área da Serra Preta. Essa serra marcada por escarpa estrutural com desníveis superiores a 100 m, limita os demais compartimentos localizados a sul.

Na parte central, o planalto é drenado pelos rios Itiquira e Correntes que entalham rochas das Formações Bauru, Aquidauana, Ponta Grossa e Furnas, as quais submetidas à ação da erosão diferencial responderam aos processos erosivos através de um relevo dissecado em amplas formas tabulares. Para ocidente, esse nível de planalto apresenta feições cuestiformes dissimuladas.

A superfície de topo do planalto é constituída por Latossolos Vermelho-Escuros álicos intermeados por Areias Quartzosas álicas, recobertos extensivamente pelo Cerrado. Nos vales dos principais cursos fluviais, os solos são representados por Areias Quartzosas Hidromórficas distróficas, que propiciaram o desenvolvimento do Cerradão e da Savana Parque (Campo Sujo).

### 3.2.3. Aspectos Geológico-Geotécnicos Locais

No sítio do aproveitamento hidrelétrico de Santa Gabriela ocorrem sedimentos do Grupo Bauru, compostos predominantemente por arenitos finos a médios com intercalações subordinadas de siltitos recobertos por solos residuais, colúvios e solos hidromórficos. Em termos estruturais, observa-se o lineamento de direção NE-SW, representado pelo Ribeirão Comprido.

De maneira geral, a geomorfologia da área é caracterizada por formas de dissecação tabulares resultando em relevos de topo plano separados por vales de fundo plano. Uma exceção é a região da casa de força que apresenta taludes verticalizados com desnível de aproximadamente 42 m. Neste ponto, o rio corre semi-encachoeirado.

### 3.2.4. Condicionantes Geológico-Geotécnicas para as Estruturas Hidráulicas

#### 3.2.4.1. Eixo do Barramento

No local do barramento, observa-se um maior aclave na margem esquerda (10%) comparado com o da margem direita (4%). Segundo as sondagens SP01A, SP03, SP04A e SM 06, observa-se que o topo rochoso encontra-se entre 5 e 6 m de profundidade, recoberto por uma camada de solo residual (1 a 3 m de espessura) e em seguida por uma camada de colúvio (1,5 a 3 m de espessura). Mais próximo ao leito do rio, o topo rochoso encontra-se mais raso (2 a 3,5 m de profundidade), chegando a aflorar em alguns pontos, como nas proximidades da sondagem SM01. Nesses locais, o solo residual está recoberto por aluviões que podem atingir espessuras de até 1,5 m. As coberturas sedimentares (solo residual e colúvio) apresentam condutividade hidráulica moderada ( $1 \text{ a } 2 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ ) e a rocha de baixa a moderada ( $1,6 \times 10^{-5} \text{ a } 4,6 \times 10^{-4}$ ).

#### 3.2.4.2. Canal de Adução

No trecho superior do canal de adução, representado pelas sondagens SM06, SP05, SM07, SP06 e SM08, o topo da rocha encontra-se de 7 a 10 m de profundidade, estando recoberto por níveis de saprolito (2,5 a 4,5 m de espessura), solo residual (2 a 3 m de espessura) e finalmente colúvio (1,5 a 3 m de espessura). A sondagem SM09, evidenciou um aumento da espessura do colúvio para 5 m e um decréscimo das qualidades geomecânicas da rocha principalmente com relação a consistência. A medida que se aproxima da sondagem SP10 (direção montante para jusante) a cobertura de sedimentos sobre o arenito decresce podendo chegar a valores inferiores a 1 m de espessura. Seguindo em direção a Casa de Força a espessura de sedimentos (colúvio e solo residual) volta a aumentar e observa-se novamente um decréscimo das qualidades geomecânicas da rocha.

#### 3.2.4.3. Casa de Força

Na região da casa de força, após a quebra topográfica ressaltada anteriormente, observa-se um aumento expressivo da espessura da camada de colúvio que pode atingir valores da ordem de 8 m. Segundo as sondagens SM11, SM12, SM13, SM14 e SM 15, o arenito apresenta-se bastante friável, assemelhando-se a um saprolito, fato este que dificultou a recuperação dos testemunhos de sondagem. Intercalados ao arenito, observa-se a ocorrência de camadas métricas de siltito avermelhado pouco consistente. Na sondagem SM11, houve perda total d'água durante o ensaio de permeabilidade executado no trecho de 6 a 9 m de profundidade.

### 3.2.5. Materiais Naturais de Construção e Bota-Fora

#### – Aterro compactado

A região não apresenta ocorrência de materiais muito argilosos para sua utilização como aterro no corpo das barragens. Entretanto, a 850 m do eixo da barragem em direção a BR 163 (Ponto RNS17), observa-se a ocorrência de areia siltosa pouco argilosa (Foto 3.36).

Coordenadas Geográficas do Ponto RNS 17	
S	W
17° 32,392'	54° 26,356'

**Foto 3.36**  
**Areia Siltosa pouco Argilosa Investigada como Material de Empréstimo para Aterro da Barragem**



Três amostras deste material foram coletadas e encaminhadas ao laboratório Geolabor S/C Ltda, para realização dos ensaios de granulometria por peneiramento e sedimentação, densidade real dos grãos, limite de liquidez, limite de plasticidade, compactação Proctor normal e permeabilidade a carga variável. Os resultados obtidos estão resumidos na Tabela 3.37.

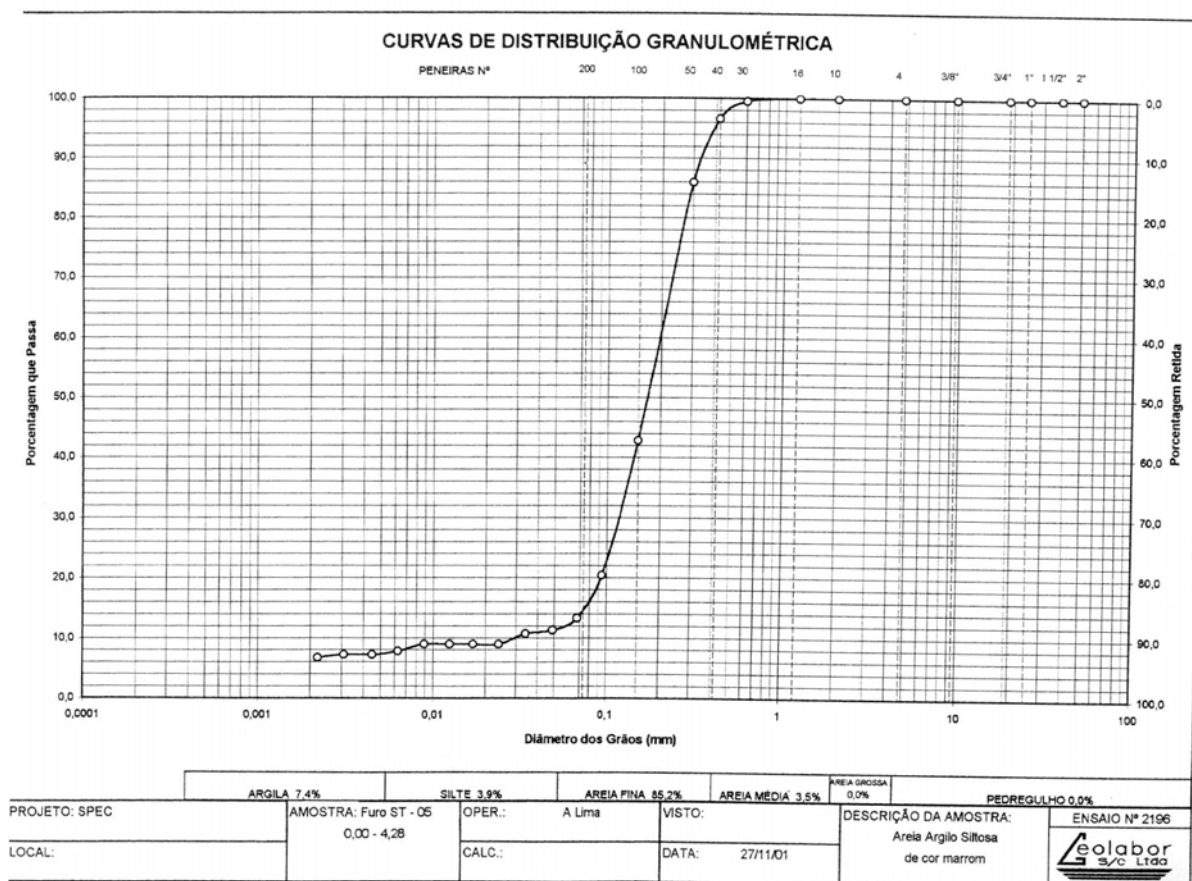
**Tabela 3.37**  
**Resultado dos Ensaio das Amostras de Solo**

Sond.	Profund. (m)	$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	LL (%)	LP (%)	IP (%)	h nat. (%)	Compactação		Kcv (cm/s)
							h ótima (%)	$\gamma_s$ máx. (g/cm <sup>3</sup> )	
ST 05	0,00 a 4,28	2,670		NP		3,5	6,7	1,872	1,05E-04
ST 07	0,00 a 2,78	2,666		NP		5,2	7,7	1,898	1,27E-05
ST 12	0,00 a 3,85	2,658		NP		5,0	8,8	1,951	2,72E-05

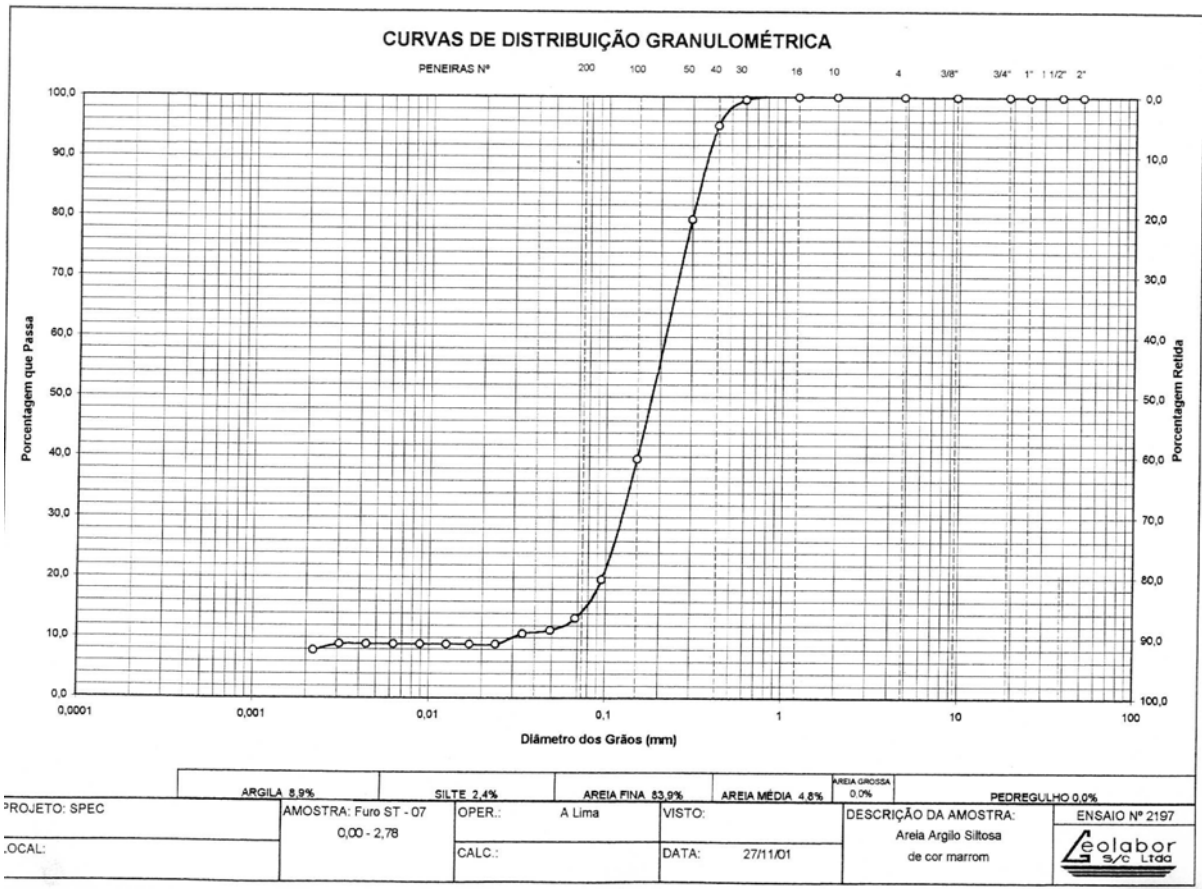
NP - Não Plástico; h - umidade;  $\gamma$  - densidade;  $\gamma_s$  - densidade seca; Kcv - permeabilidade à carga variável

As Figuras 3.38, 3.39 e 3.40 apresentam as curvas de distribuição granulométrica para cada amostra.

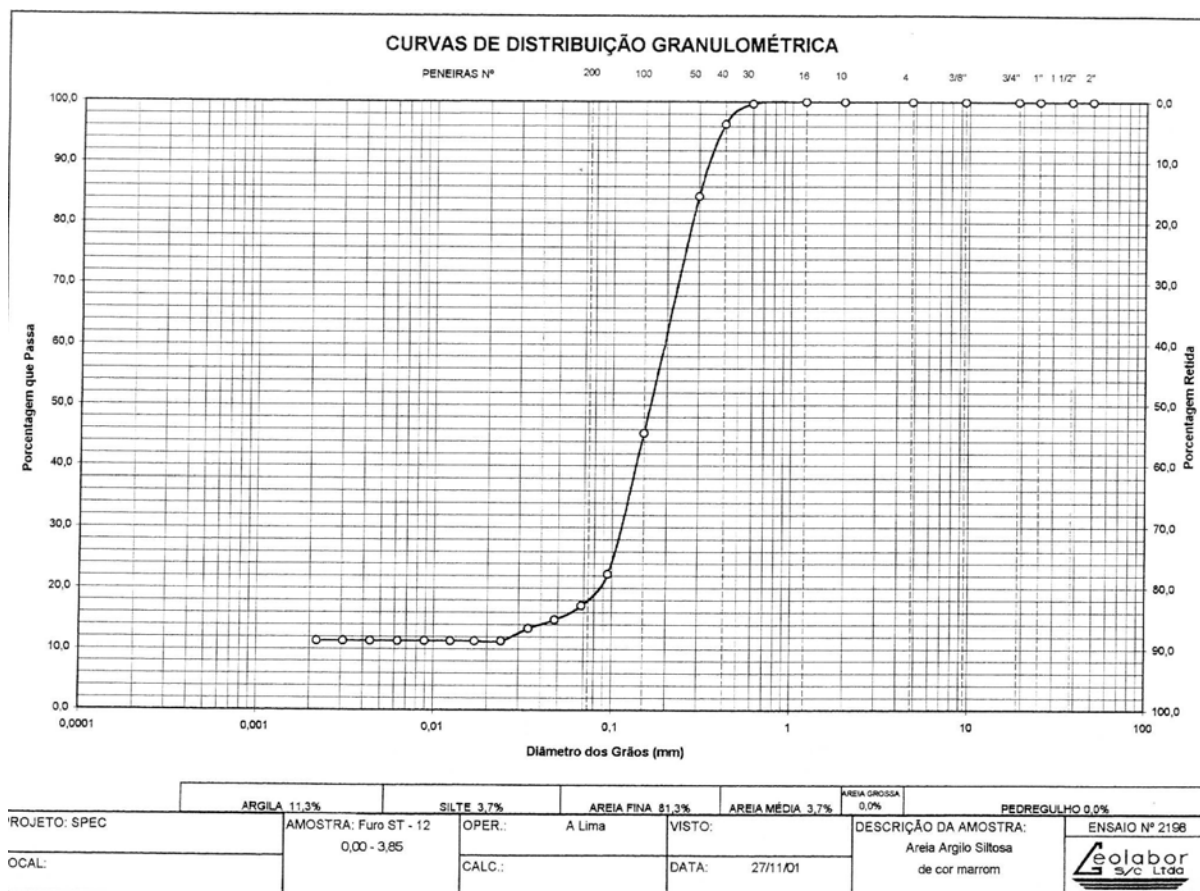
**Figura 3.38**  
**Curva Granulométrica de Solo Coletado na Sondagem ST-05**



**Figura 3.39**  
**Curva Granulométrica de Solo Coletado na Sondagem ST-07**



**Figura 3.40**  
**Curva Granulométrica de Solo Coletado na Sondagem ST-12**



O material selecionado da área de empréstimo, a ser aplicado no maciço da Barragem de Terra, foi classificado como Areia Argilosa pouco Siltosa. As três amostras ensaiadas apresentaram curvas granulométricas características de um material mal graduado, onde a fração argila não tem ação sobre o comportamento do solo, o que pode ser verificado no ensaio de limites de consistência com a classificação NP - Não Plástico.

Em média, o solo apresenta predominância de areia fina (~45%) e areia média (~40%), além de pequenas quantidades de argila (~8%) e silte (~5%). O material passa em sua totalidade na peneira Nº 16 (1,2mm).

Apesar do material selecionado não apresentar características ideais para sua utilização na construção de Barragens Homogêneas, a sua utilização é inevitável, pela falta de opção de melhores materiais.

Para contrapor a falta de qualidade do solo, definiu-se uma seção típica do maciço da barragem de terra com taludes brandos, com inclinação de 1V:2H para jusante e montante. Além disto, o sistema de drenagem do maciço e da fundação serão bastante cuidadosos.



– Materiais pétreos

Na Fazenda União, de propriedade do Sr Milton Melo, observa-se uma pedreira que já foi utilizada para produção de brita para pavimentação da BR-163. Para se chegar ao local, partindo-se da Cargill, segue-se 19km pela rodovia BR-163 em direção a Campo Grande até o Posto Chapadão. Em seguida, vira-se a esquerda passando por dentro da fazenda até a pedreira perfazendo cerca de 3km em estrada vicinal. O local da pedreira apresenta coordenadas S 17° 47,626' de latitude e W 54° 42,787' de longitude. O percurso total da Fazenda União até o eixo da barragem é de aproximadamente 74km.

A pedreira é composta em sua porção superior por um conglomerado (Foto 3.41) e na porção inferior por um arenito silicificado. Ambas rochas apresentam-se boas qualidades geomecânicas (D1, C1). ), porém não há o conhecimento das características petrográficas e do potencial de reatividade álcalis-agregado. A frente de lavra abandonada (Foto 3.42) apresenta uma reserva cubada em aproximadamente 72.000 m<sup>3</sup>, mas observa-se sua continuidade lateral.

**Foto 3.41**  
**Conglomerado da Pedreira da Fazenda União**



**Foto 3.42**  
**Vista Lateral da Pedreira da Fazenda União**



— Areia

Nas proximidades da barragem, os depósitos arenosos apresentam granulometria muito fina e, conseqüentemente, não são apropriadas para sua utilização como agregado miúdo para o concreto. Por outro lado, poderá ser utilizada no sistema de drenagem interna da Barragem de Terra. Para isso, é necessária a realização de ensaios de granulometria por peneiramento, densidades máxima e mínima e permeabilidade.

As opções disponíveis na região para obtenção de areias com granulometrias superiores são:

— Pedreira Brilhante

O acesso à Pedreira Brilhante, partindo-se de Sonora, é feito pela BR163, seguindo-se em direção a Cuiabá por aproximadamente 53 km, até a Polícia Rodoviária Federal, em frente ao trevo de Itiquira. Em seguida, vira-se à esquerda no acesso em terra para AHE Itiquira, segue-se cerca de 6km e vira-se novamente à esquerda em entroncamento que pode ser identificado pela presença de um pequeno monumento de uma Santa. Segue-se 3km até o local que possui um pequeno escritório e pilhas de materiais de diferentes granulometrias. O local apresenta coordenadas S 17° 47,626' de latitude e W 54° 42,787' de longitude. O percurso total da Pedreira Brilhante até o eixo da barragem é de aproximadamente 121 km.

O material comercializado é extraído de terraços aluviais que em seguida é classificado granulometricamente através de peneiras vibratórias.


Durante o Projeto Básico, duas amostras de areia foram coletadas e encaminhadas ao laboratório Geolabor S/C Ltda, para realização de ensaios de granulometria por peneiramento, teor de argila em torrões, materiais pulverulentos, avaliação das impurezas orgânicas, determinação dos índices de vazios máximo e mínimo e permeabilidade a carga constante. Os resultados obtidos estão resumidos na Tabela 3.43.

**Tabela 3.43**  
**Resultado dos Ensaios das Amostras de Areia**

Amostra	Teor de argila (%)	Mat. pulv. (%)	Imp.org. (ppm)	$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\epsilon_{\text{máx.}}$	$\epsilon_{\text{mín.}}$	$\epsilon_{\text{nat.}}$	Kcc (cm/s)
01	8,4	4,1	< 300	2,650	0,723	0,411	0,536	6,03x10 <sup>-4</sup>
02	8,1	4,8	< 300	2,654	0,737	0,446	0,562	8,92x10 <sup>-4</sup>

A seguir, nas Tabelas 3.44 e 3.45, estão apresentados os resultados dos ensaios de granulometria por peneiramento para cada amostra.

**Tabela 3.44**  
**Análise Granulométrica da Amostra nº 01 de Areia proveniente da Pedreira Brilhante**

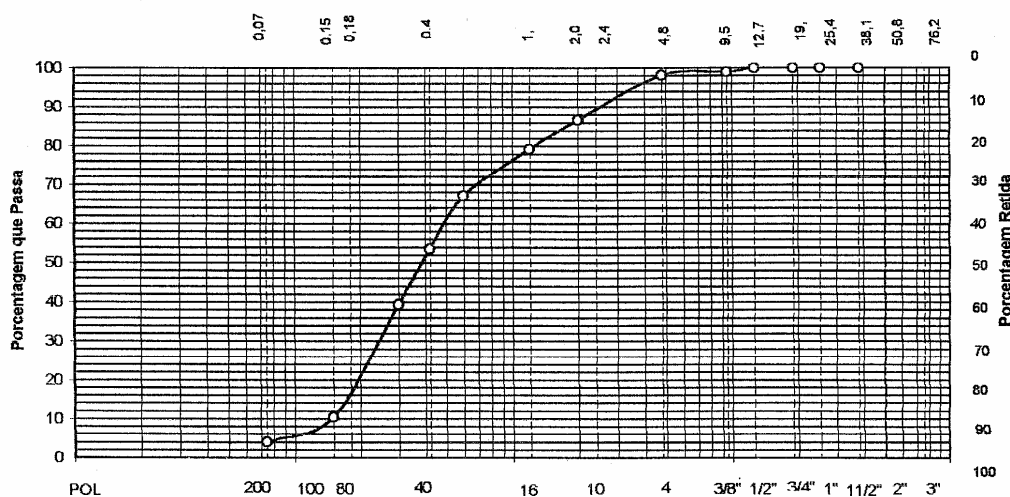
		ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (POR PENEIRAMENTO)					
<b>AMOSTRA TOTAL SECA</b>		<b>UMIDADE HIGROSCÓPICA</b>			<b>RESUMO</b>		
AMOSTRA TOTAL ÚMIDA	1930,00	Cápsula nº	01	17	33	Pedregulho: Acima 4,8mm	1,84
Retido nº 10	827,85	C + S + A	129,05	111,96	129,61	Areia Grossa: 4,8-2,0mm	11,44
Passado nº 10 úmida	1102,15	C + S	129,00	111,96	129,59	Areia Média: 2,0-0,42mm	33,09
Peso da Água	-	A - Água	0,05	0,00	0,02	Areia fina: nº40-200	49,56
Passado nº 10 seca	1101,93	C - Cápsula	11,39	10,44	16,52	Passando nº 200	4,07
Amostra Total Seca	1929,78	S - Solo	117,61	101,52	113,07	Total	100,0
Amostra maior nº 10 úmida	100,00	Umidade	0,0	0,0	0,0	Retido: nº 10-200	82,7
Amostra menor nº 10 seca	99,98	Umidade Média	0,0				
		Fator de Correção	0,9998				

PENEIRA	MATERIAL RETIDO				PORC. QUE PASSA DA AMOSTRA TOTAL	PENEIRA mm
	PESO - g	PORC. DA AM. MENOR Nº 10	PORC. AMOSTRA TOTAL	PORCENTAGEM ACUMULADA		
3 POL			0,0	0,00	100,00	76,2
2 POL			0,0	0,00	100,00	50,8
1 1/2 POL			0,0	0,00	100,00	38,1
1 POL			0,0	0,00	100,00	25,4
3/4 POL			0,0	0,00	100,00	19,1
1/2 POL			0,0	0,00	100,00	12,7
3/8 POL	19,88		1,0	1,03	98,97	9,5
Nº 4	15,62		0,8	1,84	98,16	4,8
Nº 8			0,0	1,84	98,16	2,4
Nº 10	220,69		11,4	13,28	86,72	2,0
Nº 16	8,61	8,6	7,5	20,74	79,26	1,2
Nº 30	13,94	13,9	12,1	32,84	67,16	0,6
Nº 40	15,60	15,6	13,5	46,37	53,63	0,42
Nº 50	16,42	16,4	14,2	60,61	39,39	0,3
Nº 80		-	-	-	-	0,18
Nº 100	33,30	33,3	28,9	89,50	10,50	0,15
Nº 200	7,42	7,4	6,4	95,93	4,07	0,074


  

AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO
49,56	33,09	11,44	1,84



PROJETO:	AMOSTRA: 01 Areia Natural	LOCAL: Jaz. do Elias de Souza Filho	ENSAIO Nº
CLIENTE: SPEC		OPER.: A Lima	DATA: 03/12/01
			2199

**Tabela 3.45**  
**Análise Granulométrica da Amostra nº 02 de Areia proveniente da Pedreira Brilhante**

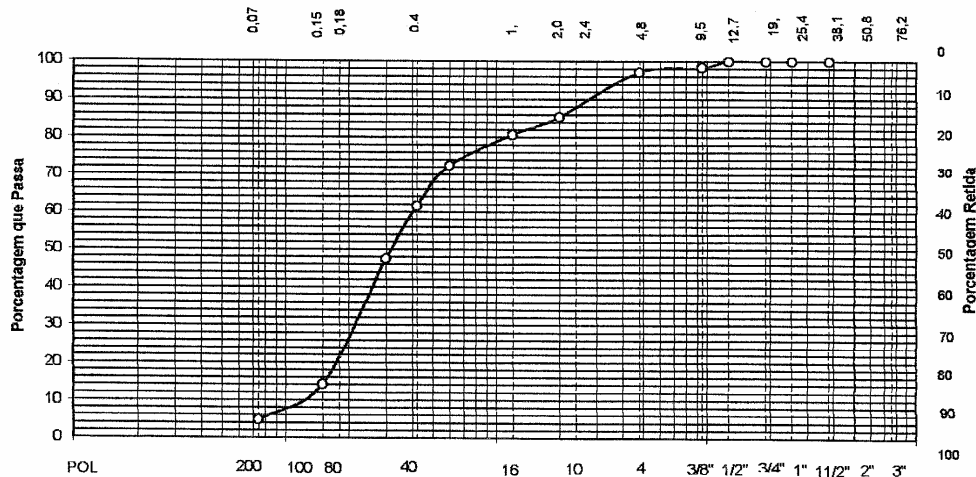
		ANÁLISE GRANULOMETRICA (POR PENEIRAMENTO)					
AMOSTRA TOTAL SECA		UMIDADE HIGROSCÓPICA				RESUMO	
AMOSTRA TOTAL ÚMIDA	1830,00	Cápsula nº	14	20	46	Pedregulho: Acima 4,8mm	2,86
Retido nº 10	827,85	C + S + A	98,73	97,52	108,83	Areia Grossa: 4,8-2,0mm	11,75
Passado nº 10 úmida	1002,15	C + S	98,66	97,42	108,74	Areia Média: 2,0-0,42mm	23,86
Peso da Água	-	A - Água	0,07	0,10	0,09	Areia fina: nº40-200	56,69
Passado nº 10 seca	1001,18	C - Cápsula	10,69	10,27	16,23	Passando nº 200	4,83
Amostra Total Seca	1829,03	S - Solo	87,97	87,15	92,51	Total	100,0
Amostra maior nº 10 úmida	100,00	Umidade	0,1	0,1	0,1	Retido: nº 10-200	80,6
Amostra menor nº 10 seca	99,90	Umidade Média	0,1				
		Fator de Correção	0,9990				

PENEIRA	MATERIAL RETIDO				PORC. QUE PASSA DA AMOSTRA TOTAL	PENEIRA mm
	PESO - g	PORC. DA AM. MENOR Nº 10	PORC. AMOSTRA TOTAL	PORCENTAGEM ACUMULADA		
3 POL			0,0	0,00	100,00	76,2
2 POL			0,0	0,00	100,00	50,8
1 1/2 POL			0,0	0,00	100,00	38,1
1 POL			0,0	0,00	100,00	25,4
3/4 POL			0,0	0,00	100,00	19,1
1/2 POL			0,0	0,00	100,00	12,7
3/8 POL	28,57		1,6	1,56	98,44	9,5
Nº 4	23,66		1,3	2,86	97,14	4,8
Nº 8			0,0	2,86	97,14	2,4
Nº 10	214,99		11,8	14,61	85,39	2,0
Nº 16	5,56	5,6	4,8	19,36	80,64	1,2
Nº 30	9,56	9,6	8,2	27,53	72,47	0,6
Nº 40	12,80	12,8	10,9	36,47	61,53	0,42
Nº 60	16,42	16,4	14,0	52,51	47,49	0,3
Nº 80			-	-	-	0,18
Nº 100	38,95	39,0	33,3	85,80	14,20	0,15
Nº 200	10,96	11,0	9,4	95,17	4,83	0,074

AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO
11,8	14,61	85,39	2,0



PROJETO:	AMOSTRA: 02 Areia Natural	LOCAL: Jaz. do Elias de Souza Filho	ENSAIO Nº
CLIENTE: SPEC		OPER.: A Lima	DATA: 03/12/01
			2200

As permeabilidades encontradas para as amostras de areia neste local (6 a 9 x 10<sup>-4</sup> cm/s) apresentaram valores insatisfatórios para sua utilização como filtro e tapete horizontal da barragem.

A utilização deste material como agregado de concreto também é desaconselhável, em função dos altos teores de argila em torrões e de materiais pulverulentos apresentados. A presença destes materiais em grande quantidade afeta a resistência do concreto.

— Areia artificial

Uma opção para a obtenção de areia é através da britagem e peneiramento do conglomerado da Fazenda União. Considerando que a Fazenda União está localizada 47 km mais próxima do eixo da barragem (74 km para a Fazenda União e 121 km para a Pedreira Brilhante), pode ser que os custos relacionados à britagem sejam compensados pela diferença do preço de transporte. De qualquer forma, uma parte deste material seria gerada como produto residual durante os processos de produção de brita.

— Área de Bota-Fora

Para a definição das áreas de bota-fora, os critérios adotados foram os de procurar locais, em terreno “plano”, localizados nas imediações da obra, próximos aos acessos existentes, e em cota inferior ao futuro nível d’água do reservatório ou em trechos sem vegetação nativa.



## 4. DETALHAMENTO DO PROJETO





#### 4.1. ARRANJO GERAL DO PROJETO

O arranjo da PCH Santa Gabriela é composto por 3 áreas bem distintas: área do barramento, área do Canal de Adução e área da Casa de Força.

O barramento para a formação do reservatório é composto por um Vertedouro de soleira livre no leito do rio, uma Barragem de Terra fechando a ombreira direita e, na margem esquerda, uma Tomada d'Água do Canal. Entre esta Tomada d'Água e o Vertedouro encontram-se a Estrutura de Desvio do rio e dois Muros de Concreto, que completam o barramento do rio.

Na área do Canal de Adução a única particularidade é ponte da rodovia MS-407, que deverá ser construída sobre o canal, no seu terço de montante. Na extremidade jusante do Canal será construída uma Câmara de Carga e a Tomada d'Água dos Conduitos.

Na região da Casa de Força encontram-se os Conduitos Forçados, a Casa de Força, com 3 turbinas Francis de eixo horizontal, e o Canal de Fuga.

O reservatório deverá operar com o nível d'água normal na El. 459,00 m e, para a vazão de projeto, correspondente à cheia decamilenar atingirá a El. 462,00m.

A PCH Santa Gabriela terá potência instalada de 24MW, com 3 máquinas de 8,00MW e o seu Arranjo Geral é apresentado no desenho PJ0620-B-R02-AJ-DE-001-0.

#### 4.2. DESVIO DO RIO

Para a construção da Vertedouro no leito do rio, o curso d'água será desviado de sua calha natural através de um canal na margem esquerda, onde será previamente construída a Estrutura de Desvio, composta de 3 adufas de 2,5 m X 2,5 m.

As adufas foram dimensionadas para uma vazão de desvio de  $95\text{m}^3/\text{s}$ , com tempo de recorrência de 10 anos no período de estiagem. Para o fechamento das adufas serão utilizadas três comportas, sendo 1 (uma) comporta operada por volante de manobra, 1 (uma) comporta vagão e 1 (um) conjunto de stop-logs (2,50 x 2,50m). Após o fechamento do desvio, duas destas adufas serão definitivamente tamponadas, com "plugs" de concreto, e a restante, localizada do lado esquerdo da Estrutura de Desvio, onde estará instalada a comporta operada por volante de manobra, será utilizada como Descarregador de Fundo.

A construção das obras civis será feita em duas etapas. Na Primeira, o rio é mantido em sua calha natural, enquanto se iniciam as escavações em solo do Canal de Desvio. Para a proteção dos serviços serão mantidos septos à montante e lançamento da ensecadeira 1ª Fase, com crista na El.460,00m.

Com a proteção da ensecadeira de 1ª Fase, serão executadas as obras da margem esquerda, compreendendo Estrutura de Desvio, Barragem de Gravidade, Tomada d'Água do Canal e Muro Divisor, situado entre a Tomada d'Água e a Barragem de Gravidade.

Na Segunda Etapa o rio será desviado pela Estrutura de Desvio e será construída a

ensecadeira de 2ª Fase - montante, para possibilitar a construção da estrutura do Vertedouro, Muro de Encosto e Barragem de Terra. A ensecadeira 2ª Fase será lançada com crista na El. 461,00m. Após a remoção da ensecadeira 2ª Fase, as 3 (três) adufas da Estrutura de Desvio serão fechadas, dando início ao enchimento do reservatório.

As estruturas da Câmara de Carga, Tomada d'Água dos Conduitos, Conduitos Forçados, Casa de Força e Canal de Fuga serão construídas independentemente do manejo do rio na região do barramento.

Os desenhos PJ0620-B-R02-AB-DE-001-0 e PJ0620-B-R02-CN-DE-002-0 apresentam a estrutura do barramento e da casa de força, respectivamente.

### **4.3. VERTEDOURO**

O Vertedouro, do tipo soleira livre, está posicionado no leito do rio e foi dimensionado para escoar uma vazão 838 m<sup>3</sup>/s, correspondente ao pico da cheia decamilenar, com uma lâmina de 3,00 m sobre a crista da soleira, situada na El.459,00 m.

O Vertedouro apresenta seção do tipo “Creager” e altura máxima da ordem de 7,50 m. O paramento de jusante possui uma geometria em degraus, objetivando dissipar parcialmente a energia. Para a proteção da rocha de fundação, a jusante da estrutura, contra os efeitos da energia remanescente do vertimento, será construída uma laje de concreto armado ancorada na rocha.

### **4.4. BARRAGENS DE TERRA**

O fechamento da ombreira direita será feito uma Barragem de Terra e a ombreira esquerda terá um aterro de fechamento..

A Barragem de Terra da Margem Direita tem extensão total de cerca de 115 metros, altura máxima de 12 metros e deverá ser assente a dois metros abaixo do nível do terreno natural, após a remoção da camada de areia fofa que ocorre superficialmente. A largura da crista é de 6,00 metros e os espaldares têm inclinação 1V:2H.

A seção da barragem é de solo argiloso compactado, com uma região central que funcionará como núcleo e se estende para montante junto à fundação como um tapete impermeável interno, com condições de compactação mais rigorosa em termos de desvio de umidade.

Para drenagem interna prevê-se um filtro vertical de areia com topo na elevação 462,00m (N.A máximo maximorum) e 0,60m de largura e, sob o espaldar de jusante no contato com a fundação, um filtro sanduíche com espessura total de 0,90m composto de uma camada de material britado T1 com espessura de 0,40 m envolto por duas camadas de areia com espessura de 0,25 m cada.

A montante, abaixo da elevação 462,00 m, prevê-se um tapete impermeável em solo argiloso compactado com 1,00 m de espessura. Para prevenir trincas de ressecamento durante a construção este tapete deverá ser recoberto com uma camada de solo solto

com 0,50m de espessura. A largura do tapete deverá ser variável entre 10,00m. na elevação 462,00m e 30,00m, no trecho de maior altura da barragem.

Para interceptação do fluxo pela fundação deverá ser executado um “cut-off” em solo argiloso, compactado nas mesmas condições do núcleo da barragem, assente no arenito, com 4,00 m de largura na base e taludes com inclinação de 1V:2H. Sob o “cut-off” está prevista uma cortina de injeções com profundidade variável de 6,00 a 15,00m e estendendo-se até o ponto onde o topo rochoso atingir a elevação 460,00m.

Para minimizar o fluxo de água pela camada de areia fina nas ombreiras, o “cut-off” deverá ser estendido por cerca de 70 metros além da barragem, até o ponto em que o topo rochoso atinja a elevação ~460,50 m. Neste trecho, o aterro deverá ser executado, com solo argiloso compactado, até a elevação 462,00m, ficando “enterrado” sob o material de recomposição do terreno.

Para controle da saída das águas de percolação pela fundação prevê-se, junto ao pé do talude de jusante da barragem, uma trincheira drenante com profundidade de 2,00 m abaixo do nível de fundação, preenchida com material britado T1 e areia média a grossa como transição para o material de fundação. Para coleta das águas de percolação pela ombreira esta trincheira sofrerá uma inflexão para jusante no ponto onde a fundação da barragem atingir a elevação 460,50m, se estendendo por mais 30 metros. No trecho junto ao pé da barragem estão previstos poços de alívio com diâmetro de 75mm e profundidade de 10,00m, devendo ter, no mínimo, 6,00 m em rocha.

O desenho PJ0620-B-R02-AB-DE-001-0 apresenta a área do barramento.

O talude de montante será protegido, contra erosão provocada pelas ondas do reservatório, com uma camada de “rip-rap” de 0,60m de espessura assente sobre uma camada de transição única. O talude de jusante terá proteção vegetal.

O Aterro de Fechamento da Margem Esquerda tem extensão total de cerca de 24 metros, altura máxima da ordem de 4 metros e deverá ser assente integralmente em rocha. A largura da crista é variável em função do seu aproveitamento como acesso entre a margem esquerda do Canal de Adução e crista da Tomada d'Água. O espaldar de montante tem inclinação 1V:2H.

A seção do Aterro de Fechamento é basicamente a mesma da Barragem de Terra da Margem Direita no que se refere aos materiais, sendo que o filtro sanduíche será composto apenas por uma camada de material T1 com espessura de 0,40 m no contato com a rocha e uma camada de areia com 0,25 m de espessura que funcionará como transição com o solo argiloso. As águas coletadas por este dreno serão conduzidas até o tubo de drenagem inferior do talude esquerdo do Canal de Adução.

Para redução das infiltrações pelo arenito prevê-se uma cortina de injeções com furos espaçados de 3 metros, que se estenderá até o ponto onde o topo rochoso se encontra na elevação 460,00 m.

## 4.5. MUROS DE CONCRETO

### 4.5.1. Muro de Encosto da Barragem

O Muro de Encosto da Barragem de Terra está posicionado na margem direita e, em seu trecho mais alto, é parcialmente incorporado ao Vertedouro. A altura do muro é variável, acompanhando os taludes da barragem, a montante e a jusante, e sua seção é em “L”. No trecho central, onde atinge 12 metros de altura, a parede tem espessura maior e o muro é incorporado à ogiva do Vertedouro, de maneira a reduzir deformações e evitar a formação de trincas no maciço da barragem.

### 4.5.2. Muro de Gravidade

O trecho do Barramento, entre o Vertedouro e a Estrutura de Desvio é composto por um muro de concreto do tipo gravidade, com altura máxima de 9,50 m e paramento de jusante com inclinação 1V:0,8H.

### 4.5.3. Muro Divisor

O Muro Divisor está situado entre a Tomada d'Água do Canal e a Estrutura de Desvio e sua geometria foi definida com o objetivo de separar os fluxos afluentes a essas duas estruturas, já que a Estrutura de Desvio funcionará como Descarregador de Fundo na fase de operação da usina. A estrutura do Muro Divisor é do tipo aliviada, constando de um muro em “L” que será reaterrado, pelo lado de jusante, para atender às condições de estabilidade da estrutura.

## 4.6. CIRCUITO HIDRÁULICO DE GERAÇÃO

### 4.6.1. Tomada d'Água do Canal de Adução

A Tomada d'Água do Canal de Adução é do tipo gravidade, com dois portais retangulares, dotados de comportas ensecadeiras com 4,50 m de vão livre e 8,00 m de altura livre. A crista da estrutura está situada na El. 463,50m, com largura 5,75m.

### 4.6.2. Canal de Adução e Câmara de Carga

O Canal de Adução foi projetado com seção trapezoidal revestida em concreto, com inclinação dos taludes igual a 1V:2,5H e base com largura de 3,70m, dimensionado para a vazão de 67,20 m<sup>3</sup>/s. O comprimento do canal é da ordem de 1200 metros, já considerando os dois trechos de transição, um no início e outro no final do canal, e, também, a Câmara de Carga.

A Câmara de Carga foi dimensionada para atender à operação de partida da máquina, suprindo a vazão de engolimento quando ainda não há movimento da água que está no Canal de Adução. O seu comprimento é de 23,20 m, largura de 20,00 m e altura variável entre 8,80 m e 12,15 m.

#### 4.6.3. Tomada D'Água dos Conduitos e Conduitos Forçados

O portal de entrada da estrutura da Tomada d'Água é formado por três aberturas independentes, uma para cada conduto. Em cada abertura, a grade tem largura de 3,60 m e altura de 6,20 m, garantindo velocidades do escoamento da ordem de 1 m/s na seção bruta. Na região da comporta vagão, cada passagem de água apresenta vão livre de 2,750 m x 2,75 m. A Tomada d'Água tem crista na El. 463,50m e paramento de montante com inclinação 1V:0,12H.

Os Conduitos Forçados são em número de três, um para cada máquina e seguem paralelos desde a Tomada d'Água por todo o trecho de descida em direção à Casa de Força. Somente nas proximidades desta os condutos extremos afastam-se do central para acoplarem-se às válvulas borboletas de cada circuito, que distam, aproximadamente, 15 metros entre si. No maior parte dos comprimentos os condutos têm diâmetro 2,75 m. Imediatamente antes de entrarem na estrutura da Casa de Força os diâmetros dos condutos são reduzidos para 2,30 m, coincidente com os diâmetros das válvulas borboletas.

Os condutos serão projetados para suportar as pressões máximas internas e externas, em quaisquer condições de operação. Serão também providos anéis de estanqueidade, tanto no engastamento na Tomada d'Água quanto no da Casa de Força.

Para o apoio dos condutos no trecho em rampa, entre a Tomada d'Água e a Casa de Força, está prevista a construção de uma laje de concreto armado, atirantada ao terreno, onde serão fundados os blocos de apoio intermediários.

#### 4.6.4. Casa de Força

A Casa de Força é do tipo abrigada, com cobertura metálica e terá três turbinas do tipo Francis de eixo horizontal, com 8 MW cada, totalizando a Potência Instalada de 24MW na saída dos bornes dos Geradores. A Casa de Força terá comprimento total de 65 metros, incluindo a Área de Montagem, largura de 20,1 metros, incluindo o "hall" principal e as salas eletromecânicas e de comando.

A Área de Montagem e a área de descarga estão situadas à esquerda do "hall" principal, com piso na El. 423,65 m. A estrada de acesso a estas estruturas desenvolve-se pelo lado esquerdo da Casa de Força, até alcançar a margem esquerda do Canal de Adução nas proximidades da Câmara de Carga.

O desenho PJ0620-B-R02-CN-DE-002-0 apresenta planta da Casa de Força.

### **4.7. EQUIPAMENTOS MECÂNICOS PRINCIPAIS**

#### 4.7.1. Turbinas e Reguladores

##### 4.7.1.1. Descrição

Serão fornecidas 3 (três) turbinas hidráulicas, tipo Francis com eixo horizontal, equipadas com válvulas borboleta e com as seguintes condições de referência:

- Potência..... 8.500 kW
- Nível Água Normal Montante..... 460,00 m
- Nível Água Normal de Jusante ..... 415,90 m
- Queda líquida de referência ..... 42,80 m
- Rotação ..... 327 rpm

#### 4.7.1.2. Níveis e Quedas Consideradas

As turbinas foram projetadas para operação satisfatória em toda faixa de quedas e níveis de jusante citados abaixo:

##### – Níveis de Reservatório

- N.A. máx. maximorum (TR 100 anos) ..... 461,00 m
- N.A. máximo normal ..... 460,00 m
- N.A. mínimo normal ..... 459,00 m

##### – Níveis do Canal de Fuga

- N.A. máximo maximorum ..... 417,54 m
- N.A. normal..... 416,38 m
- N.A. mínimo operacional (3 turbina a plena carga) ..... 415,90 m
- N.A. mínimo operacional (1 turbina a plena carga) ..... 415,90 m
- N.A. mínimo operacional (1 turbina com 50% de carga) ..... 415,90 m

##### – Tabela de Quedas Líquidas

Nas diversas condições de operação da usina, as seguintes quedas líquidas, obtidas das diferenças entre os níveis de montante e os de jusante, serão observadas.

- Queda líquida de referência de 42,80 m

	Porcentagem da Carga						
	100%	95%	90%	80%	70%	60%	50%
Pe[kW]	8.500	8.075	7.650	6.800	5.950	5.100	4.250
$\eta$ [%]	92,7	93,2	92,2	89,4	87,1	84,7	81,2
Q [m <sup>3</sup> /s]	21,85	20,64	19,75	18,11	16,27	14,34	12,46

- Queda líquida máxima de 43,60 m

	Porcentagem da Carga
--	----------------------

	100%	95%	90%	80%	70%	60%	50%
Pe[kW]	8.500	8.075	7.650	6.800	5.950	5.100	4.250
$\eta$ [%]	92,9	92,9	91,7	89,1	86,8	83,9	80,9
Q [m <sup>3</sup> /s]	21,39	20,32	19,50	17,84	16,03	14,21	12,28

- Queda líquida mínima de 41,60 m

	Porcentagem da Carga						
	100%	95%	90%	80%	70%	60%	50%
Pe[kW]	8.104	7.699	7.294	6.483	5.673	4.862	4.052
$\eta$ [%]	92,2	92,9	92,4	89,7	86,5	84,1	82,2
Q [m <sup>3</sup> /s]	22,19	20,92	19,94	18,26	16,55	14,60	12,45

As turbinas deverão ser capazes de operar de forma contínua, estável e confiável em todas as faixas operacionais e com qualquer abertura do distribuidor, dentro dos parâmetros apresentados.

#### 4.7.2. Equipamentos Mecânicos da Tomada d'Água do Canal de Adução

##### 4.7.2.1. Comportas Ensecadeira da Tomada d'Água do Canal de Adução

A Tomada d'Água do Canal de Adução possuirá duas comportas ensecadeira, do tipo de superfície, cada uma composta por 3 (três) elementos, construídos em aço estrutural soldado, a serem utilizadas para o fechamento do fluxo pela estrutura, de modo a permitir a manutenção do Canal de Adução. As operações de colocação dos painéis serão feitas sob equilíbrio de pressões hidráulicas, enquanto que, nas operações de retirada dos painéis, o equilíbrio de pressões será conseguido por meio de arranque dos painéis superiores das comportas. Todas as operações serão executadas com o auxílio de viga pescadora montada no gancho da talha elétrica montada em monovia no topo da Tomada d'Água.

As comportas serão metálicas, planas, sem rodas, com sapatas de guia nas laterais. As vedações estarão dispostas nas partes inferior e laterais, atuando contra o quadro de vedação composto dos blocos laterais e da soleira. Utilizará borrachas de vedação do tipo "nota musical" (vedação positiva) nas laterais e vedação plana na soleira, fixadas por meio de barras chatas de aço carbono, com parafusos e porcas em aço inoxidável. A estocagem dos painéis das comportas será feita da seguinte maneira: 4 (quatro) painéis armazenados em cavaletes metálicos e 2 (dois) estocados nas ranhuras das guias das comportas, através de dispositivos de calagem. Todos os painéis serão capazes de suportar a carga hidráulica máxima do reservatório, sem pressão do lado de jusante.

As chapas estanques dos painéis serão previstas do lado jusante, sustentadas por vigas verticais e horizontais, que transmitirão às peças fixas no concreto a carga hidráulica aplicada ao painel.



A viga pescadora suspenderá os painéis das comportas ensecadeira por dois ganchos que se acoplarão aos dispositivos de suspensão das comportas e será suspensa apenas por um ponto que se acoplará ao gancho da talha elétrica.

Cada painel de comporta será provido de quatro molas de encosto instaladas no contraguiamento, com a finalidade de, deslizando sob pressão contra as peças embutidas nas ranhuras, garantir o encosto das vedações nos seus apoios e permitir o esgotamento do circuito hidráulico a jusante.

Características principais:

- tipo de comporta ..... ensecadeira de superficial
- acionamento ..... talha elétrica
- número de comportas ensecadeira ..... 2
- número de painéis por comporta ..... 3
- número de jogos de peças fixas ..... 2
- número de vigas pescadoras ..... 1
- número de dispositivos de calagem..... 2
- elevação do piso de operação da Tomada d'Água do Canal de Adução ..... 463,50 m
- elevação NA máximo maximorum ..... 462,00 m
- elevação NA máximo normal ..... 459,00 m
- elevação da soleira da comporta ..... 454,02 m
- vão livre ..... 4,50 m
- altura livre ..... 8,40 m

#### 4.7.2.2. Talha e Monovia da Tomada d'Água do Canal de Adução

A Tomada d'Água do Canal de Adução contará com uma estrutura em concreto, onde será fixada uma monovia para a talha elétrica que operará a comporta ensecadeira.

Os movimentos de elevação serão executados por motores elétricos, sendo comando de acionamento dos motores efetuado do piso de operação da Tomada d'Água do Canal de Adução.

A talha elétrica deverá ser própria para instalação ao tempo, e seus equipamentos de comando e controle serão protegidos contra água de chuva, sol e poeira.

Características Principais:

- tipo de talha .....elétrica
- acionamento ..... painel fixo e botoeira pendente
- número de talhas ..... 1
- capacidade nominal ..... 120RN
- altura da botoeira pendente ao piso de operação ..... 0,80 m
- elevação do piso de operação da Tomada d'Água ..... 463,50 m
- elevação superior do gancho ..... 469,10 m
- elevação inferior do gancho ..... 455,40 m
- curso do gancho ..... 13,7 m
- extensão da monovia ..... 25,00 m

#### 4.7.3. Equipamentos Mecânicos do Desvio e da Descarga de Fundo

##### 4.7.3.1. Comporta Vagão do Desvio e de Descarga de Fundo

O desvio de 2ª fase do rio da Usina de Santa Gabriela será efetuado por uma adufa de desvio, onde em seu trecho inicial haverá uma estrutura do tipo Tomada d'Água, com três passagens hidráulicas.

A interrupção do fluxo d'água será feita por meio de uma comporta vagão, a ser instalada na ranhura de jusante do vão da direita hidráulica. Após a instalação dessa comporta, será colocada a comporta ensecadeira, a montante, de maneira a poder retirar a comporta vagão e instalá-la na vão central. No vão da esquerda hidráulica que posteriormente será utilizado como descarga de fundo, será instalada uma comporta deslizante. As comportas vagão e ensecadeira serão manobradas por meio de guindaste móvel do construtor civil com o auxílio de viga pescadora, enquanto que a comporta deslizante será operada através de pedestal de manobra acionada por motor elétrico.

A viga pescadora suspenderá as comportas vagão e ensecadeira por dois ganchos que se acoplarão aos dispositivos de suspensão das comportas e será suspensa apenas por um ponto que se acoplará ao gancho do guindaste móvel.

As comportas deverão resistir à pressão correspondente ao nível máximo normal do reservatório com o lado de jusante vazio. A comporta vagão e deslizante serão capazes de fechar nas condições resultantes da máxima vazão prevista na adufa de desvio e a

comporta deslizante poderá operar com pequena abertura para promover uma vazão sanitária a jusante.

Tanto a comporta vagão quanto a comporta ensecadeira possuirão paramento e plano de vedação voltados para o lado de jusante.

As peças fixas e a viga pescadora serão construídas para operar tanto a comporta vagão quanto a comporta ensecadeira.

As comportas ficarão em posição “pronta para fechamento”, isto é, armazenada dentro das ranhuras de operação por meio de dispositivos de travamento apoiados na plataforma de serviço, através de dispositivos de calagem.

Após a conclusão da concretagem do tampão de fechamento definitivo da adufa de desvio, as comportas serão recuperadas, sendo que a comporta vagão irá trabalhar na ranhura a montante da comporta deslizante.

Características Principais:

- número de comportas ..... 01 vagão, 01 ensecadeira e 01 deslizante
- acionamento das comportas vagão e ensecadeira .....guindaste móvel
- acionamento da comporta deslizante ..... pedestal de manobra
- paramento e plano de vedação das comportas vagão e ensecadeira ..... jusante
- número de painéis da comporta ensecadeira ..... 1
- número de vigas pescadoras ..... 1
- número total de jogos de peças fixas ..... 5
- número de jogos de hastes metálicas ..... 2
- número de jogos de vigas de estocagem das comportas ..... 2
- elevação do piso de operação ..... 463,50 m
- elevação NA máximo maximorum ..... 462,00 m
- elevação NA máximo normal ..... 459,00 m
- elevação da soleira das comportas ..... 455,20 m
- vão livre ..... 2,50 m
- altura livre ..... 2,55 m

#### 4.7.4. Equipamentos Mecânicos da Tomada d'Água do Conduto

##### 4.7.4.1. Grades da Tomada d'Água dos Condutos Forçados

Para a proteção da Tomada d'Água contra a entrada de detritos com dimensões iguais ou maiores que 50 mm haverá painéis de grades do tipo removível.

Cada Tomada d'Água, contará, a partir da cota da soleira, com um gradeamento de aproximadamente 24 m<sup>2</sup>, inclinado para jusante de aproximadamente 6,84°, com relação ao plano vertical, onde serão instalados três painéis de grade, sendo um superior e dois inferiores, perfazendo um total de nove painéis de grade na Tomada d'Água.

Os painéis superiores serão providos de uma transição, na sua parte superior, que permitirá a passagem do rastelo da máquina limpa-grades de suas guias para as barras dos painéis das grades. Os painéis inferiores serão intercambiáveis.

Os painéis serão dotados de uma série de barras verticais igualmente espaçadas, suportadas por um quadro estrutural formado por dois montantes também verticais, um em cada extremidade, e vigas horizontais ligadas aos referidos montantes, que transmitirão às peças fixas no concreto a carga aplicada aos painéis.

As operações de colocação e retirada dos painéis das grades serão feitas somente com pressões equilibradas e sem fluxo d'água, por meio de viga pescadora. A viga pescadora suspenderá os painéis de grade por dois ganchos que se acoplarão aos dispositivos de suspensão dos painéis e será suspensa apenas por um ponto que se acoplará ao gancho de um guindaste operando na ponte de serviço da Tomada d'Água.

Serão ser projetadas para uma pressão diferencial de 30 kPa aplicada à área total de proteção e ao impacto de um objeto submerso de peso 10 kN, movendo-se a uma velocidade de 1,0 m/s, com superfície de contato circular de 0,20 m<sup>2</sup>. Quanto à estabilidade dinâmica, as barras deverão ter frequência própria de, no mínimo, 1,5 vezes a frequência de turbilhamento correspondente à máxima vazão de disparo da turbina, considerando as grades com 50% de obstrução.

Para a garantia de geração de energia, sem perdas apreciáveis, as grades deverão ser limpas sempre que a perda de carga nas mesmas atingir um valor pré-determinado. Para tal teremos um sistema detector de perdas de carga com tomadas de pressão a montante e a jusante das mesmas, com indicação local da medida e transmissão à sala de comando de dois alarmes por grupo: o primeiro para 0,30 m de perda de carga e o segundo para 1,0 m com precisão mínima dos aparelhos de medição de 10 cm.

#### Características Principais:

• tipo .....	removível
• acionamento .....	guindaste móvel
• número de Tomadas d'Água .....	3
• número de vãos por Tomada d'Água .....	1
• número de painéis por vão .....	3
• número total de painéis .....	9
• número de jogos de peças fixas .....	3
• número de vigas pescadoras .....	1
• elevação do piso de operação da Tomada d'Água .....	463,50 m
• elevação NA máximo maximum .....	462,00 m
• elevação NA máximo normal .....	459,00 m
• elevação da soleira da grade .....	451,80 m
• elevação do topo da abertura.....	458,00 m
• inclinação do paramento da barragem .....	1 V :0,12 H
• vazão nominal de cada turbina .....	22,40 m <sup>3</sup> /s
• vão livre .....	3,60 m
• altura livre na vertical .....	6,20 m
• largura aproximada de um painel de grade .....	3,90 mm
• altura aproximada de um painel de grade .....	2,15 mm
• espaçamento entre barras verticais .....	50 mm

- carga de projeto ..... 30 kPa
- razão mínima entre a frequência própria das grades e a frequência de turbilhonamento considerando as grades com 50% de obstrução ..... 1,5 Hz

#### 4.7.4.2. Comportas Vagão da Tomada d'Água dos Conduitos Forçados

As comportas vagão da Tomada d'Água destinam-se ao ensecamento do circuito hidráulico a jusante, possibilitando assim a inspeção geral e a manutenção das turbinas.

Em ranhuras localizadas na Tomada d'Água serão instaladas guias de aço embutidas no concreto, desde a soleira até o topo da barragem, por onde descerão e apoiar-se-ão as comportas vagão.

As comportas vagão serão metálicas de construção soldada consistindo estruturalmente de painéis interligados formando um todo, possuindo paramento e plano de vedação voltada para o lado de jusante. Cada comporta será manobrada através de uma talha elétrica fixa em pórtico de concreto.

Cada comporta deverá resistir à máxima pressão do reservatório com o conduto forçado vazio, podendo ainda ser fechada sob o máximo fluxo de água. As comportas não serão usadas em aberturas parciais nem para regular o fluxo d'água.

Quando fora de operação, cada comporta será apoiada através de dispositivos de calagem instalados do piso de operação da Tomada d'Água.

#### Características Principais:

- tipo de comporta ..... vagão
- acionamento ..... talha elétrica fixa
- número de Tomadas d'Água ..... 3
- número de comportas ..... 3
- número de jogos de peças fixas ..... 3
- número de dispositivos de calagem ..... 3
- elevação do piso de operação da Tomada d'Água ..... 463,50 m
- elevação NA máximo maximorum ..... 462,00 m
- elevação NA máximo normal ..... 459,00 m
- elevação da soleira da comporta ..... 449,40 m
- vão livre ..... 2,75 m
- altura livre ..... 2,75 m

#### 4.7.4.3. Talha e Monovia da Tomada d'Água dos Conduitos Forçados

Cada Tomada d'Água dos Conduitos Forçados contará com uma estrutura em concreto, na qual será fixada uma talha elétrica que manuseará a comporta vagão.

Os movimentos de elevação serão executados por motores elétricos, sendo comando de acionamento do motor efetuado do piso de operação da Tomada d'Água.

A talha elétrica deverá ser própria para instalação ao tempo, e seus equipamentos de comando e controle serão protegidos contra água de chuva, sol e poeira.

Características Principais:

- tipo de talha .....elétrica
- acionamento ..... painel fixo e botoeira pendente
- número de talhas ..... 3
- capacidade nominal ..... 80 kN
- elevação do piso de operação da Tomada d'Água ..... 463,50 m
- altura da botoeira pendente ao piso de operação ..... 0,80 m
- elevação superior do gancho ..... 468,49 m
- elevação inferior do gancho ..... 450,89 m
- curso do gancho ..... 17,60 m

#### 4.7.4.4. Máquina Limpa Grades da Tomada d'Água dos Conduitos Forçados

A Tomada d'Água da Usina de Santa Gabriela será equipada com uma máquina limpa grades, capaz de executar a limpeza das grades de proteção da Tomada d'Água sempre que a perda de carga atingir um valor pré-determinado.

A máquina limpa grades será totalmente automática, com acionamento hidráulico, e se deslocará sobre trilhos fixados na elevação 463,50 m permitindo sua movimentação em linha reta ao longo da Tomada d'Água.

O ciclo de limpeza é automático com a remoção dos detritos realizados durante o curso de descida do rastelo. Esses detritos são recolhidos em uma vagoneta basculante.

A alimentação elétrica da máquina limpa grades será constituída de uma tomada de força do tipo embutida no concreto, situada aproximadamente no meio do caminho de rolamento, e um cabo elétrico flexível, enrolado em um tambor motorizado do tipo tensão constante, enrolando nos dois sentidos.

Características Principais:

- Caminho de rolamento
  - vão entre as linhas de centro dos trilhos ..... 3,00 m
  - extensão aproximada do caminho de rolamento ..... 15,00 m
  - elevação do piso de operação da Tomada d'Água ..... 463,50 m
- Mecanismo Limpa Grades
  - capacidade do guincho de içamento ..... 25 kN
  - volume de deslocamento ..... 1 m<sup>3</sup>
  - elevação inferior de alcance do rastelo ..... 451,80 m
  - curso aproximado do rastelo ..... 15,00 m
  - volume da vagoneta de detritos ..... 5 m<sup>3</sup>

#### 4.7.5. Equipamentos Mecânicos da Casa de Força

##### 4.7.5.1. Comportas Ensecadeira do Tubo de Sucção

Serão previstas três comportas ensecadeira para vedar as saídas dos Tubos de Sucção para permitir a inspeção geral e manutenção da turbina. Serão constituídas, cada uma delas, por painel único e serão dotadas de válvulas “by-pass” operadas pela viga pescadora para permitir o equilíbrio de pressões a montante e a jusante. As comportas serão operadas com o auxílio da viga pescadora montada no gancho da talha elétrica do Tubo de Sucção, operação esta que será realizada sempre com equilíbrio de pressões.

A viga pescadora suspenderá as comportas ensecadeira por dois ganchos que se acoplarão aos dispositivos de suspensão das comportas e será suspensa apenas por um ponto que se acoplará ao gancho da talha elétrica.

Cada comporta ensecadeira será provido de quatro molas de encosto instaladas no contraguiamento, com a finalidade de, deslizando sob pressão contra as peças embutidas nas ranhuras, garantir o encosto das vedações nos seus apoios e permitir o esgotamento da unidade.

No topo de cada ranhura de operação ser estocada uma comporta através de dispositivos de calagem e a viga pescadora será estocada com o auxílio de cavalete metálico.

##### Características Principais:

- tipo de comporta ..... ensecadeira de fundo
- acionamento ..... talha elétrica
- número de comportas ensecadeira ..... 3
- número de painéis por comporta ..... 1
- número de jogos de peças fixas ..... 3
- número de vigas pescadoras ..... 1
- número de dispositivos de calagem..... 3
- elevação do piso de operação do Tubo de Sucção ..... 423,65 m
- elevação NA máximo maximorum de jusante ..... 422,64 m
- elevação NA máximo normal de jusante ..... 416,38 m
- elevação NA mínimo de jusante ..... 415,90 m
- elevação da soleira da comporta ..... 409,41 m
- vão livre ..... 2,34 m
- altura livre ..... 5,54 m

##### 4.7.5.2. Talha Elétrica e Monovia do Tubo de Sucção

A talha elétrica será utilizada sobre as ranhuras de operação para a movimentação das comportas ensecadeira do Tubo de Sucção.

A talha elétrica será suportada por uma monovia metálica, constituída de uma viga do tipo I ou viga caixão soldada, que será fixada às estruturas de concreto através de chumbadores. Em suas extremidades serão instalados batentes de pára-choques.

A talha elétrica deverá ser própria para instalação ao tempo, e seus equipamentos de comando e controle serão protegidos contra água de chuva, sol e poeira.

A talha quando não estiver em operação, ficará estacionada e abrigada sob as coberturas metálicas que estão sendo previstas.

Os movimentos de elevação e translação da talha elétrica serão motorizados. Os comandos serão feitos do piso de operação (elev. 423,65 m) através de uma botoeira pendente.

A alimentação elétrica da talha será feita por meio de cabos flexíveis suspensos em troles que se deslocarão sobre uma viga metálica contínua. Esta viga também será fixada às estruturas de concreto.

#### Características Principais:

- capacidade nominal da talha elétrica ..... 50 kN
- elevação do piso de operação do Tubo de Sucção ..... 423,65 m
- elevação superior do gancho ..... 432,20 m
- elevação inferior do gancho ..... 412,30 m
- curso do gancho ..... 19,90 m
- extensão aproximada da monovia da talha elétrica ..... 50,00 m

#### 4.7.5.3. Ponte Rolante da Casa de Força

A Casa de Força será equipada com uma ponte rolante, com finalidade inicialmente na fase de construção e montagem da Usina, de auxiliar no içamento e transporte dos conjuntos mais pesados das turbinas e geradores, bem como de auxiliar as montagens parciais desses equipamentos.

Posteriormente, durante a fase de operação da Usina, será utilizada na manutenção geral dos equipamentos contidos na Casa de Força.

A ponte rolante será equipada com um carro guincho, totalmente coberto, para abrigar os mecanismos do guincho e da direção do carro.

A ponte rolante será equipada com um guincho principal e um guincho auxiliar o qual poderá operar com maior velocidade o içamento de peças menores e mais leves.

A ponte rolante se deslocará sobre trilhos, fixadas sobre as vigas metálicas, permitindo a sua movimentação ao longo de toda a Casa de Força e Área de Montagem.

Todos os comandos da ponte rolante serão executados a partir de botoeira pendente e controle remoto.

A alimentação elétrica da ponte rolante será feita por meio de um barramento constituído de quatro barras rígidas fixadas à viga do caminho de rolamento, com interruptores fim de



curso e batentes fixos em cada extremidade. O ponto de alimentação desse barramento elétrico (caixa de ligação) será feito próximo à metade da extensão do percurso da ponte rolante.

#### Características Principais:

- Caminho de rolamento
  - vão entre as linhas de centro dos trilhos ..... 15,60 m
  - extensão aproximada do caminho de rolamento ..... 65,10 m
  - elevação do piso de operação da Casa de Força e Área de Montagem ..... 415,90 m
  
- Guincho principal
  - capacidade nominal ..... 500 kN
  - elevação superior do gancho ..... 430,40 m
  - elevação inferior do gancho ..... 415,90 m
  - curso do gancho ..... 14,50 m
  - velocidade operacional com carga nominal ..... 0,4 / 4 m/min
  - capacidade nominal ..... 70 kN
  - elevação superior do gancho ..... 430,40 m
  - elevação inferior do gancho ..... 415,90 m
  - curso do gancho ..... 14,50 m
  - velocidade operacional com carga nominal ..... 2 / 8 m/min
  
- Ponte rolante
  - operação da ponte rolante pendente suspensa e controle remoto ..... botoeira
  - velocidade de translação da ponte rolante ..... 15,0 / 3,0 m/min
  - velocidade de direção do carro ..... 5,0 / 1,0 m/min

#### 4.7.6. Conduitos Forçados

Os conduitos forçados da UHE Santa Gabriela serão fabricados a partir de chapas de aço calandradas e soldadas.

A Usina Hidrelétrica de Santa Gabriela possui três conduitos para a condução de água desde a Tomada d'Água até as turbinas. No plano vertical, cada conduto forçado iniciará com seu eixo na elevação 453,925 m, aproximadamente a 6,00 m a jusante do eixo da Tomada d'Água, estando ancorado e embutido na estrutura civil. Seguirá com um trecho retilíneo e inclinado de 26,6° com um diâmetro interno de 2,75 m, terminando em uma seção curva, embutida na estrutura civil da Casa de Força ligando-se à válvula borboleta situada a montante da caixa espiral da turbina.

Os conduitos serão providos de juntas de dilatação, do tipo Dresser, serão instaladas a jusante do bloco da Tomada d'Água e a jusante do bloco de ancoragem superior para absorver dilatações térmicas.

Os conduitos serão projetados para suportar as máximas pressões internas e externas, em qualquer condição de operação, devendo ser nula a contribuição do concreto

envolvente. Serão também providos anéis de percolação e de reforço, quando necessário, para os trechos embutidos.

A drenagem do conduto forçado será efetuada por meio de tubulação que interligará sua parte inferior com o Tubo de Sucção.

Cada conduto forçado será provido uma tomada de água de resfriamento e serviço da Usina.

#### Características Principais:

- diâmetro interno do conduto..... 2,75 m
- elevação NA máximo maximorum ..... 462,00 m
- elevação NA máximo normal ..... 459,00 m
- elevação da linha de centro do conduto na extremidade montante ..... 453,925 m
- elevação da linha de centro do conduto na extremidade inferior ..... 415,34 m
- elevação da linha de centro do distribuidor ..... 417,70 m
- sobre-pressão ..... 30%

#### 4.7.7. Válvulas Borboletas (\*)

- Fabricante e Tipo ..... Válvula Borboleta Biplana
- Diâmetro..... 2,3 m
- Largura (Flange e Flange)..... (\*) m

#### 4.7.8. Características Operacionais da Válvula

- Tempo de Fechamento Normal..... 30 seg.
- Tempo de Abertura Normal..... 30 seg.
- Tempo de Fechamento Emergência ..... 6,5 seg.

(\*) valores a confirmar/informar quando do projeto executivo.

### 4.8. EQUIPAMENTOS E SISTEMAS ELÉTRICOS

#### 4.8.1. Geradores

##### 4.8.1.1. Características Gerais

Os geradores serão trifásicos, síncronos, ligação em estrela, com neutro aterrado através de resistor, de eixo horizontal, acionados por turbinas hidráulicas do tipo Francis, com caixa espiral, rotação nominal 327 rpm, com todos os sistemas auxiliares eletromecânicos necessários ao seu funcionamento.

Os terminais de saída de linha de cada gerador serão ligados, através de disjuntor, a um Conjunto de Manobra e Controle de Média Tensão 13,8 kV (PNMT), que constitui o

barramento principal da Usina. Essa ligação será feita por cabos de potência isolados, tensão de isolamento 8,7/15 kV, temperatura de serviço de 105°C.

#### 4.8.1.2. Características Elétricas Principais dos Geradores

- Potência nominal ..... 9,19 MVA
- Tensão nominal ..... 13,8 kV  $\pm 5\%$
- Fator de potência sobre-excitado ..... 0,9
- Freqüência nominal ..... 60 Hz
- Rendimento nominal (IEC-60034-1) ..... 97,3%
- Rotação nominal (rpm) ..... 327
- Classe de temperatura do isolamento ..... Classe F

#### 4.8.2. Transformadores Elevadores

No Conjunto de Manobra e Controle de Média Tensão 13,8kV (PNMT) haverá dois cubículos de saída, para os dois transformadores elevadores.

Os transformadores elevadores serão trifásicos, com dois enrolamentos, adequados para instalação externa, imersos em óleo mineral isolante, com tanque de expansão e comutador de derivações sem tensão.

Cada transformador elevador terá capacidade para assumir 3/4 da potência total de geração da PCH, com o recurso de ventilação forçada.

A ligação entre o painel PNMT e os transformadores elevadores será feita por cabos de potência isolados, tensão de isolamento 8,7/15 kV, temperatura de serviço 105°C.

##### 4.8.2.1. Características Elétricas Principais dos Transformadores Elevadores

- Potência nominal ..... 16/20 MVA
- Tensão do enrolamento primário ..... 13,8 kV
- Tensão do enrolamento secundário ..... 138 kV
- Freqüência nominal ..... 60 Hz
- Resfriamento ..... ONAN/ONAF
- Grupo de ligação ..... YNd1
- Ligação dos enrolamentos
  - Primário ..... delta
  - Secundário ..... estrela aterrado

#### 4.8.3. Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC)

##### 4.8.3.1. Filosofia Operacional

O sistema digital de supervisão e controle da usina e da subestação deverá ser concebido para operar tanto no modo assistido quanto no modo não assistido a partir de um Centro de Operação Remoto (COR). Assim sendo, todos os equipamentos e sistemas do SDSC deverão ser projetados para serem integrados ao sistema de supervisão e controle desse Centro de Operação Remoto.

A arquitetura do sistema de supervisão e controle (SDSC) da usina e da subestação será distribuída, constituída por Unidades de Processamento Central, localizada na sala de controle da PCH, interligadas via rede de comunicação com as Unidades de Aquisição e Controle (UACs) do processo.

Em condições normais de operação o controle será feito via Sala de Controle ou Centro de Operação Remoto e em condições de teste o controle poderá ser feito localmente nas UACs, através das interfaces Homem-Máquina (IHM).

O Controle Central da Usina terá dois consoles de operação idêntica e redundante, em uma configuração dual que permita a operação simultânea.

Para medição de grandezas elétricas serão providos três medidores - sendo um para cada unidade geradora e um para a LT 138 kV - que irão se comunicar com as respectivas UACs.

##### 4.8.3.2. Composição do Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC)

O SDSC será composto, no mínimo, pelos seguintes itens básicos:

- 2 (duas) Estações de Supervisão e Controle, na sala de controle da PCH;
- 1 (uma) Impressora a Jato de Tinta;
- 1 (uma) Unidade de Aquisição e Controle para a Unidade Geradora1 (UAC G1), com interface Homem-Máquina (IHM) integrada;
- 1 (uma) Unidade de Aquisição e Controle para a Unidade Geradora2 (UAC G2), com interface Homem-Máquina (IHM) integrada;
- 1 (uma) Unidade de Aquisição e Controle para a Unidade Geradora3 (UAC G3), com interface Homem-Máquina (IHM) integrada;
- 1 (uma) Unidade de Aquisição e Controle para o Cubículo de Manobra e Controle de 13,8 kV, Transformadores Elevadores e Subestação 138 kV (UAC SE/MT), com interface Homem-Máquina (IHM) integrada;
- 1 (uma) Unidade de Aquisição e Controle para os Serviços Auxiliares (UAC SA);

- 1 (uma) Rede de comunicação para interligação das Unidades de Aquisição e Controle, com a Unidade de Processamento Central (Sistema Supervisório);
- 1 (um) Conjunto de dispositivos de rede;
- 1 (um) Microcomputador portátil para parametrização;
- 1(um) Conjunto de softwares de configuração, operação e diagnóstico, com respectivas licenças;

#### 4.8.4. Sistema de Proteção

As funções de proteção elétrica serão efetuadas por relés dedicados, com funcionamento autônomo e independente do sistema de supervisão e controle. Serão usados relés com tecnologia digital, multifunção, microprocessados.

A proteção dos geradores será constituída, basicamente, pelas seguintes funções:

- Proteção diferencial de sobrecorrente;
- Proteção contra defeitos à terra no rotor;
- Proteção contra defeitos à terra no estator;
- Proteção contra sobretensão;
- Proteção contra sobreexcitação;
- Proteção contra potência inversa;
- Proteção contra seqüência negativa;
- Proteção de retaguarda.

Para o transformador elevador, será provido um relé com funções de proteção diferencial, sobrecorrente de neutro e sobrecorrente de fases.

Para a LT 138 kV será provido um relé com funções de proteção de distância, complementada por sobrecorrente direcional de terra, além das funções de sobretensão, subtensão e outras.

Para detecção de falta a terra na barra de 13,8 kV, haverá um relé com função de sobretensão residual.

Haverá também, esquema de falha de disjuntor para todos os disjuntores de 13,8 kV e 138 kV.

#### 4.8.5. Sistemas Auxiliares Elétricos

Os seguintes níveis de tensão estarão disponíveis para os serviços auxiliares:

- 13,8 kV  $\pm 5\%$ , 60 Hz, trifásico, três fios, aterrado através de resistor no neutro dos geradores, para alimentação primária do sistema.

- 380/220 V +5%, -10%, 60 Hz, trifásico, quatro fios, ligados em estrela com neutro solidamente aterrado, para alimentação trifásica ou monofásica, conforme o caso, de quadros de distribuição, motores, resistores de aquecimento, tomadas de força e iluminação.
- 125 Vcc +10%, -20%, dois fios, sistema isolado, para alimentação de circuitos de comando, controle, proteção, sinalização, transdutores e iluminação de emergência.

O Painel de Média Tensão 13,8 kV (PNMT) será constituído de oito cubículos, sendo três cubículos de saída dos geradores, dois cubículos de alimentação dos transformadores elevadores, dois cubículos de saída para os transformadores de serviços auxiliares e um cubículo de saída de linha de 13,8 kV para alimentação das cargas da Tomada d'Água do Canal de Adução e do Desvio do rio.

Os serviços auxiliares de corrente alternada da usina e da subestação serão alimentados, em 380 V, pelo Painel de Serviços Auxiliares CA (PNCA), suprido pelos transformadores de serviços auxiliares 13800-380/220 V.

Os transformadores de serviços auxiliares serão do tipo seco, resfriamento ANAN, trifásico, 60 Hz, ligação triângulo-estrela com neutro solidamente aterrado, para instalação abrigada. Cada transformador será dimensionado para alimentar todas as cargas auxiliares da usina e subestação.

Será previsto um grupo diesel gerador de emergência, para alimentação das cargas consideradas essenciais da usina e da subestação e das cargas para permitir a partida de uma unidade geradora. O grupo diesel gerador deverá ser montado em contêiner, próprio para instalação externa.

Para alimentação dos serviços auxiliares em corrente contínua serão previstos dois conjuntos de retificador-carregador e bateria, operando em regime de flutuação, com capacidade, cada um, para suprir toda a carga. O banco de bateria de 125V, empregará elementos de bateria do tipo selados.

A duração do ciclo de emergência a ser considerado será de 2,5 horas. O banco terá capacidade para atender aos picos de corrente dos serviços auxiliares em 125V e no caso de falha do carregador, atender ao ciclo de descarga do sistema durante 2,5 horas.

O retificador-carregador deverá ser do tipo estático, provido de regulação automática e manual da tensão de saída, será instalado em quadro, juntamente com os dispositivos de proteção, comando e monitoração e alimentado em 380 V, trifásico, 60 Hz.

Os serviços auxiliares de corrente contínua da usina e da subestação serão alimentados, em 125 Vcc, pelo Painel de Serviços Auxiliares CC (PNCC), suprido pelos dois conjuntos de retificador-carregador e bateria.

#### 4.8.6. Sistema de Iluminação

O sistema de iluminação será constituído por três subsistemas independentes:

- Iluminação normal e tomadas em corrente alternada.
- Iluminação essencial em corrente alternada.
- Iluminação de emergência operativa em corrente contínua.

O sistema de iluminação normal será constituído por circuitos para iluminação destinados a garantir os níveis médios de iluminância (conforme Norma ABNT NBR 5413) necessários à operação normal da usina e por circuitos para alimentação de tomadas de uso geral.

A alimentação do sistema de iluminação normal será feita por Quadros de Iluminação Normal (QLN) ligados à barra de carga não essenciais do Quadro de Distribuição CA da Casa de Força (QDCA-GR).

A alimentação do sistema de iluminação essencial será feita por Quadros de Iluminação Essencial (QLE) ligados à barra de cargas essenciais do Quadro de Distribuição CA da Casa de Força (QDCA-GR). Essa iluminação permitirá a realização de tarefas normais com um nível de iluminação menor, quando ocorrer interrupção da iluminação normal.

Os quadros QLE alimentarão também, as cargas auxiliares dos cubículos e quadros elétricos (resistores de aquecimento, iluminação interna e tomadas) e os resistores de aquecimento dos motores.

A barra de cargas essenciais do Quadro de Distribuição CA da Casa de Força (QDCA-GR) será alimentada, em condições de emergência, pelo grupo diesel gerador de emergência, a partir do Painel de Serviços Auxiliares CA (PNCA).

A alimentação do sistema de iluminação de emergência em corrente contínua será feita por um Quadro de Iluminação CC (QLC) ligado ao Quadro de Distribuição CC da Casa de Força (QDCC-GR). Esse quadro de distribuição será alimentado pelo Painel de Serviços Auxiliares CC (PNCC), suprido pelo banco de baterias 125 Vcc, até que a iluminação essencial, proveniente da barra de cargas essenciais do painel PNCA, seja estabelecida. Essa iluminação será destinada à execução de tarefas essenciais e ao transito de pessoas nas diversas áreas de usina (iluminação para balizamento).

#### 4.8.7. Sistema de Aterramento e Proteção Contra Descargas Atmosféricas

O sistema será concebido de tal modo que atenda, primordialmente, às seguintes finalidades:

- a) Estabelecer uma ligação entre a terra e as carcaças de equipamentos, cubículos, estruturas metálicas, etc., visando à proteção de pessoas durante a ocorrência de uma falta de fase para terra;
- b) Assegurar um trajeto de baixa resistência para o retorno das correntes de falta à terra , de modo a permitir rápida e eficiente operação das proteções;

- c) Assegurar a proteção ao pessoal ( mantendo as tensões de passo e de toque abaixo de valores seguros;
- d) Assegurar proteção contra descargas atmosféricas, proporcionando o escoamento da corrente de descarga e a equalização de potencial, garantindo a integridade das instalações e equipamentos, bem como a segurança pessoal. O sistema de proteção contra descargas atmosféricas deverá ser projetado conforme norma NBR 5419.

O sistema de aterramento deverá ser constituído, basicamente, dos seguintes componentes:

- a) Malhas de aterramento enterradas e de conexão de estruturas e equipamentos na Casa de Força e nas Tomadas D' Água (do canal de adução/desvio e dos condutos);
- b) Malha de aterramento da Subestação;
- c) Condutores de interligação entre malhas.

O aterramento dos sistemas eletrônicos do SDSC será feito seguindo os critérios recomendados pelo fabricante, com interligação dos mesmos às malhas de cada estrutura.

Além de suportar as correntes de curto-circuito, os cabos deverão ser robustos o bastante para não sofrerem danos, devido às eventuais ações mecânicas que possam ocorrer durante a construção, ou durante a vida útil dos mesmos. Deste modo, os cabos das malhas enterradas ou embutidas deverão ter seção nominal mínima de 70mm<sup>2</sup>. Os cabos das derivações para aterramento dos equipamentos e estruturas deverão ter seção nominal mínima de 25mm<sup>2</sup>, por razões mecânicas.

O sistema de aterramento deverá ter uma resistência à terra igual ou inferior a 1 (um) ohm. Caso este valor não seja obtido com os subsistemas projetados ou por eventuais dificuldades causadas por alta resistividade do solo, deverá ser prevista a instalação de malha de reforço ou de dispersão.

#### 4.8.8. Sistema de Telecomunicações

##### 4.8.8.1. Geral

O sistema de telecomunicações deverá ser fornecido de acordo com projetos aprovados e com licenças de funcionamento da ANATEL.

##### 4.8.8.2. Sistema de Telefonia

O Sistema de Telefonia da Usina visará, além de permitir a comunicação entre as diversas áreas do empreendimento, permitir também a interligação ao Sistema Nacional de Telecomunicações, através de enlaces com a concessionária telefônica regional.



#### 4.8.8.3. Sistema de Rádio Comunicação

A Usina será dotada de um sistema comunicação local através de rádio VHF, para atender às equipes de operação e manutenção.

#### 4.8.8.4. Sistema de Comunicação de Dados para o Centro de Controle Remoto -COR

A comunicação de dados para o “Centro de Controle Remoto (COR)” deverá ser feita através de um enlace de comunicação a ser definido posteriormente.

#### 4.8.9. Subestação de Manobra

Localizada em área próxima à Casa de Força, a Subestação 138 kV será do tipo convencional, barra simples, para instalação ao tempo, com um pátio ocupando uma área de aproximadamente 35m x 25m.

A subestação seccionadora 138 kV da PCH Santa Gabriela será constituída por 2(dois) vãos de entrada de gerador - a partir dos transformadores elevadores - e 1(um) vão de saída de LT 138kV.

Os painéis de controle, proteção e serviços auxiliares elétricos da subestação serão instalados na galeria elétrica da Casa de Força.

As estruturas para montagem dos barramentos, vigas e pilares, e bem como as estruturas suportes para montagem dos equipamentos de alta tensão, serão de concreto pré-moldado.

Uma malha de aterramento será construída para limitação das tensões de passo e de toque a valores seguros para as pessoas, no interior da subestação e suas proximidades, durante a ocorrência de um curto-circuito para terra, e para assegurar a proteção da subestação contra descargas atmosféricas.

#### 4.8.10. Interligação da Casa de Força à Subestação

Serão construídas duas linhas de transmissão curtas para interligação dos transformadores elevadores localizados na área externa da Casa de Força à Subestação de Manobra.

#### 4.8.11. Linha de Transmissão

A linha de transmissão entre a PCH Santa Gabriela e a SE Sozinho será em 138 kV, trifásico, 60 Hz, com extensão a ser definida posteriormente. A subestação da PCH (SE Santa Gabriela), no município de Sonora, no Mato Grosso do Sul e a SE Sozinho, localizada no município de Itiquira no Mato Grosso estão distantes cerca de 40 km, em linha reta.

## PCH SANTA GABRIELA

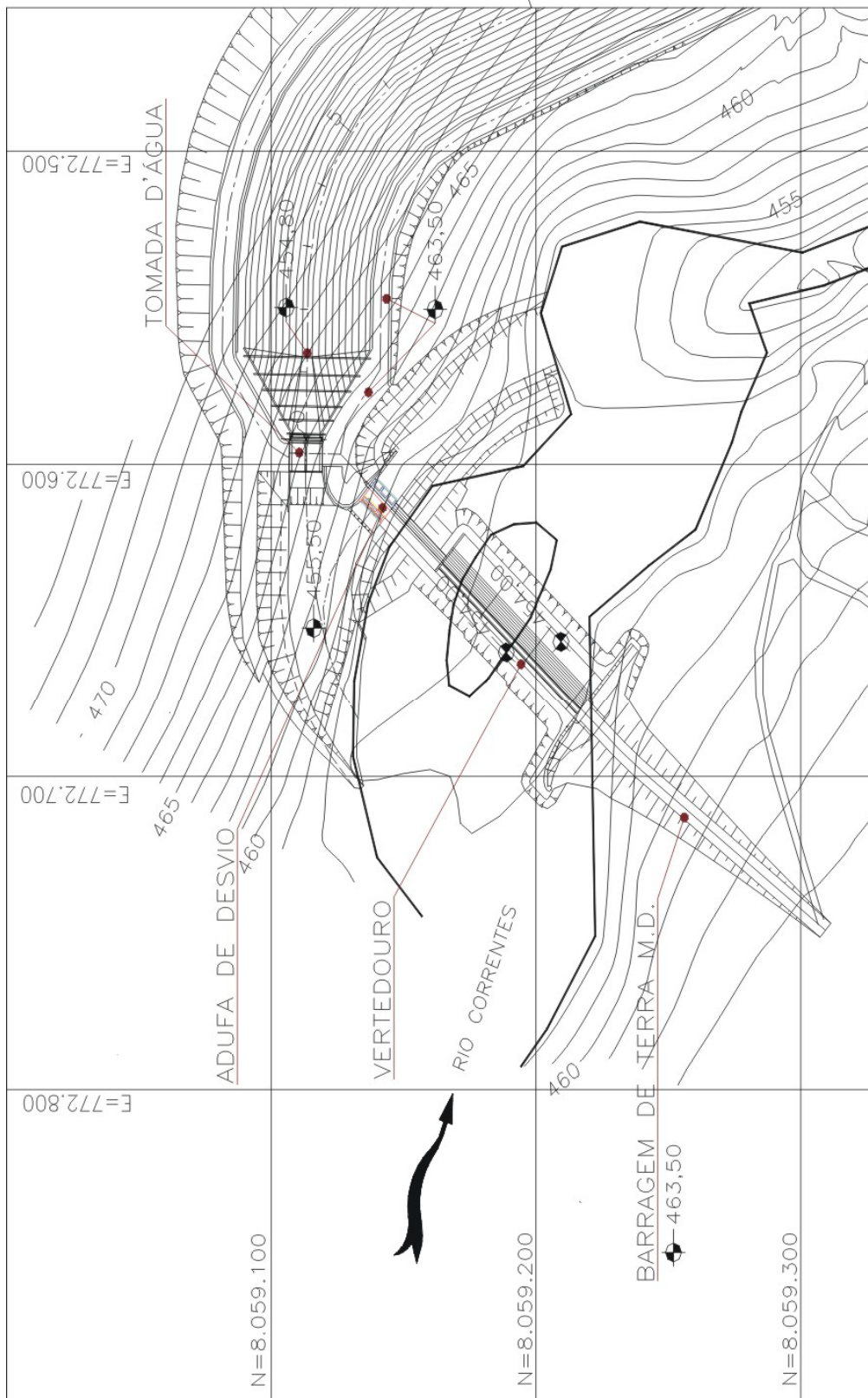
### TRECHO DO RIO COM VAZÃO REDUZIDA

O circuito de geração da PCH Santa Gabriela conta com um canal de adução de cerca de 1200 metros, ligando o reservatório à Casa de Força. Este tipo de usina aproveita a queda natural do rio no trecho entre a Barragem e a Casa de Força, resultando em estruturas de barramento com pouca altura e, conseqüentemente, em reservatórios com pequenas áreas inundadas.

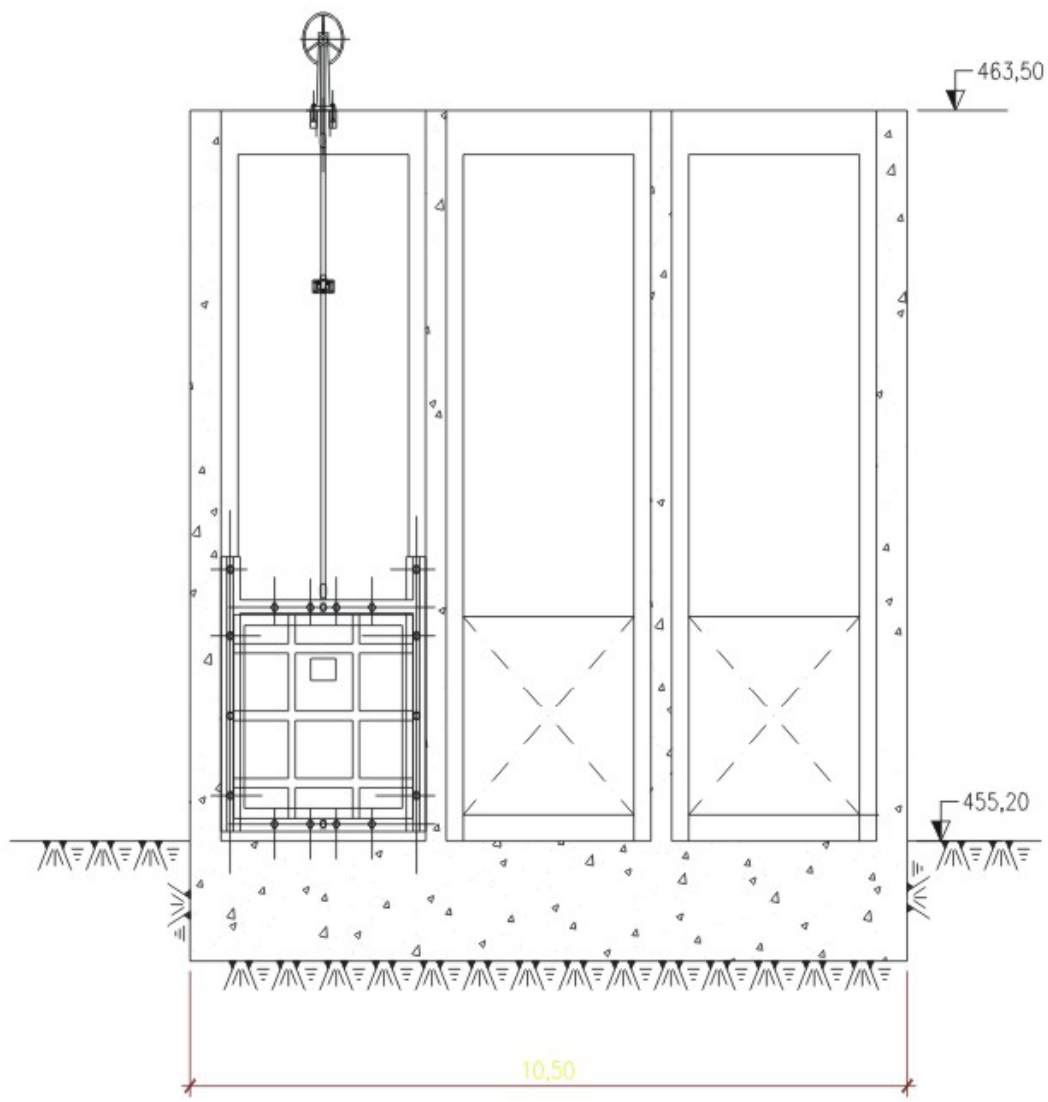
No trecho de rio situado entre a Barragem e a Casa de Força será mantida uma vazão residual, para garantir a continuidade da vida do ecossistema hídrico atual do rio, principalmente no período de estiagem, já que no restante do tempo haverá vertimento da água excedente à capacidade das turbinas e a vazão pela calha natural será maior que a residual.

Na fase de Projeto Executivo serão realizados levantamentos topobatimétricos de detalhe, no trecho da calha do rio em questão, que servirão para subsidiar o detalhamento dos projetos de dispositivos transversais à calha, estrategicamente localizados, para controlar o nível de água e evitar a ocorrência de trechos secos, que possam vir a interromper o trânsito de vida aquática nos períodos de águas baixas.

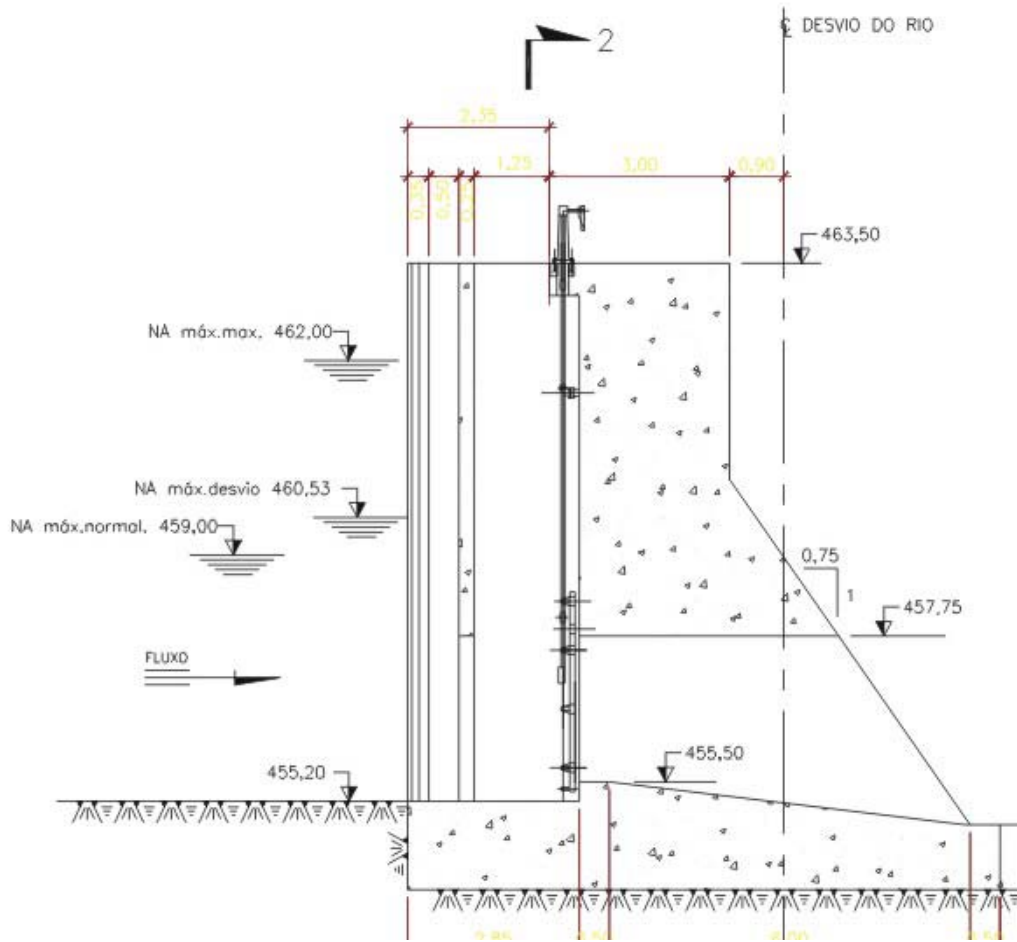
Os dispositivos consistirão de estruturas simples, de pedra argamassada ou de concreto, e constarão de estrangulamentos da seção e/ou soleiras (barramentos) de pequenas alturas, da ordem de 50 cm, que serão dimensionados para atender o objetivo pretendido com a vazão em trânsito mínima de 2,75 m<sup>3</sup>/s, que corresponde à vazão residual para o trecho.



**Estrutura do Desvio**



SEÇÃO 2-2  
ESC. 1:75



Corte Transversal



Figura 1 - Controle feito da crista



Figura 2 - Jusante do descarregador

*Prefeitura Municipal*  
**Sonora**  
*Trabalho com Justiça Social*

GERÊNCIA MUNICIPAL DE OBRAS E SERVIÇOS URBANOS

SONORA – MS, 20 de Dezembro de 2006.

OFÍCIO / GERÊNCIA DE OBRAS – 018/2006

Prezado Senhor,

Através deste, informo que não consta em nossos arquivos e tampouco junto à AGESUL/MS – Agência Estadual de Gestão de Empreendimentos de Mato Grosso do Sul, registro de que a *estrada que liga MS-213 à Ponte do Rio Correntes* – no interior da Fazenda São Gabriel, é de origem estadual ou municipal; a *estrada citada é, portanto, de propriedade particular.*

Sendo só o que apresento para o momento, aproveito a oportunidade para agradecer a atenção.

Atenciosamente,

  
**PAULO SÉRGIO SANTANA**  
GERENTE MUNICIPAL DE OBRAS E SERVIÇOS URBANOS

Ilmo Senhor Sampaio  
Av.: Presidente Wilson, n°.165 – Sl.612  
Centro – Rio de Janeiro – RJ  
Cep: 20030020

  
**Gerência Municipal**  
Obras e Serviços

Av Marcelo Miranda Soares, N° 750 – Centro  
Fone: (67) 3254-1550 - 3254-1622 – Fax: 3254-3166 Sonora – MS  
E-mail: pmssonora@uol.com.br