SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO 1
2. OBJETIVOS 2
3. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR E CONSULTOR 3
3.1. Empreendedor 3
3.2. Consultores 3
3.3. CMB Consultoria Ltda 5
4. JUSTIFICATIVAS DO EMPREENDIMENTO 7
5. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO/ PROJETO BÁSICO PCH RIO DOS ÍNDIOS 9
5.1. Localização 9
5.2. Concepção Técnica 10
5.2.1. Estudos e Investigações Realizadas 10
5.2.2. Alternativa Selecionada 104
5.2.3. Indice de Custo X Benefício do Aproveitamento 131
6. ASPECTOS LEGAIS E METODOLÓGICOS DA ELABORAÇÃO DO RAS 133
6.1. Aspectos Legais 133
6.1.1. Síntese da Legislação Pertinente 133
6.2. Aspectos Metodológicos 133
6.2.1. Delimitação das Áreas de Influência Direta e Indireta do Empreendimento 134
7. ALTERNATIVAS LOCACIONAIS E TECNOLÓGICAS DO EMPREENDIMENTO 138
8. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII) 139
8.1. Meio Físico 139
8.1.1. Clima 139
8.1.2. Geologia 146
8.1.3. Geomorfologia 148
8.1.4. Pedologia 149
8.1.5. Uso e Ocupação do Solo 152
8.1.6. Hidrografia 153
8.2. Meio Biótico 154
8.2.1. Fauna 154
8.2.2. Flora 157
9. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (AID) 160
9.1. Meio Físico 160
9.1.1. Clima 160

9.1.2. Geologia 162
9.1.3. Geomorfologia 165
9.1.4. Hidrografia 165
9.2. Meio Biótico 167
9.2.1. Fauna 167
9.2.2. Flora 178
10. CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO 187
11. BIBLIOGRAFIA 188

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 5.1. Características Mensais da Estação Cianorte/PR. 14
FIGURA 5.2. Número de Dias de Chuva Mensal na Estação Cianorte/PR. 15
FIGURA 5.3. Curva Chave do Rio dos Índios em Japurá/PR. 17
FIGURA 5.4. Curva Chave do Rio Ligeiro em Jussara/PR. 17
FIGURA 5.5. Curva Chave do Rio Ivaí em Porto Bananeiras/PR. 18
FIGURA 5.6. Curva Chave do Rio Ivaí em Paraíso do Norte/PR. 18
FIGURA 5.7. Correlação de Vazões Médias Mensais Entre os Municípios Japurá/PR e Paraíso do Norte/PR. 22
FIGURA 5.8. Correlação de Vazões Médias Mensais Entre os Municípios Porto Bananeiras/PR e Paraíso do Norte/PR. 22
FIGURA 5.9. Correlação de Vazões Médias Mensais Entre os Municípios de Paraíso do Norte/PR e Porto Bananeiras/PR. 23
FIGURA 5.10. Correlação de Vazões Médias Mensais Entre os Municípios de Porto Bananeiras/PR e Jussara 23
FIGURA 5.11. Vazões Médias Mensais – Rio dos Índios. 24
FIGURA 5.12. Vazões Médias Mensais – Rios dos Índios. 25
FIGURA 5.13. Correlação das Vazões Médias Mensais Entre Japurá/PR e Jussara/PR. 27
FIGURA 5.14. Vazões Médias Mensais – Rio dos Índios. 27
FIGURA 5.15. Permanência de Vazões – Período Completo. 30
FIGURA 5.16. Permanência de Vazões – Período Crítico. 30
FIGURA 5.17. Análise de Frequência dos Máximos Anuais de Vazões Médias Diárias – Período Completo. 33
FIGURA 5.18. Análise de Frequencia de Vazões Mínimas Anuais. 35
FIGURA 5.19. Análise de Frequencia de Vazões Mínimos com 7 Dias de Duração. 36
FIGURA 5.20. Curvas Cota x Área x Volume. 38
FIGURA 5.21. Perfil da Seção Transversal do Rio dos Índios. 41
FIGURA 5.22. Curva Chave do Canal de Fuga da PCH Rio dos Índios. 41
FIGURA 5.23. Hidrograma da Maior Cheia Observada. 44
FIGURA 5.24. Curvas de Freqüência das Vazões de Cheia. 45
FIGURA 5.25. Hidrograma da Cheia de 1989 e Hidrograma Milenar – Estação Japurá 47
FIGURA 5.26. Hidrogramas Afluente e Defluente na PCH Rio dos Índios. 48
FIGURA 5.27. Perfil Transversal e Marcação das Seções. 50
FIGURA 5.28. Perfis das Seções Transversais Levantadas ao Longo do Reservatório da PCH Rio dos Índios. 51
FIGURA 5.29. Perfis de Linha d'água Para Vazão Média de Longo Termo. 53
FIGURA 5.30. Perfis de Linha d'água Para 1000 Anos de Tempo de Recorrência. 53

FIGURA 5.31. Regiões Fisiográficas do Estado do Paraná.....66
FIGURA 5.32. Esboço Geológico da Bacia do Paraná. 67
FIGURA 5.33. Mapa Geológico do Estado do Paraná.....68
FIGURA 5.34. Diagrama de Rosáceas dos Lineamentos Estruturais Fotointerpretados. 73
FIGURA 5.35. Curva de Evolução do Benefício Anual Líquido.....95
FIGURA 5.36. Curva de Evolução do Benefício Anual Líquido.....95
FIGURA 5.37. Permanência de Vazões Turbináveis – Período Completo. 97
FIGURA 5.38. Permanência de Potência – Período Completo. 97
FIGURA 5.39. Unifilar PCH Rio dos Índios. 127
FIGURA 8.1. Classificação Climática do Paraná. Fonte: IAPAR, 2000.....140
FIGURA 8.2. Médias Térmicas Anuais do Estado do Paraná. Fonte: IAPAR, 2000. 142
FIGURA 8.3. Preciptação Anual do Paraná. Fonte: IAPAR, 2000. 143
FIGURA 8.4. Média Anual de Umidade no Paraná. Fonte: IAPAR, 2000. 144
FIGURA 8.5. Evapotranspiração Anual do Paraná. Fonte: IAPAR, 2000.....145
FIGURA 8.6. Direção Predominante dos Ventos. Fonte: IAPAR, 2000. 146
FIGURA 9.1. Predominância dos Ventos em Cianorte. Fonte de dados: IAPAR 2009. 161
FIGURA 9.2. Climatograma. Fonte de dados: IAPAR 2009. 162

LISTA DE QUADROS

QUADRO 5.1. Resumo de Descargas Médias Mensais (m^3/s). 28
QUADRO 5.2. Resumo de Descargas Médias Mensais (m^3/s). 29
QUADRO 5.3. Coluna Estratigráfica da Região Noroeste do Estado do Paraná. 72
QUADRO 5.4. Resumo dos Quantitativos Executados. 77
QUADRO 5.5. Análise Incremental dos Custos – Enfoque Energia Média – Período Completo. 94
QUADRO 5.6. Resumo dos Resultados Obtidos. 98
QUADRO 5.7. Cálculo da Energia de Referência Segundo Resolução Normativa ANEEL – PAHE. ... 106
QUADRO 5.8. Orçamento Compacto Para a Subestação Elevadora. 129
QUADRO 5.9. Orçamento Compacto Para a Linha de Transmissão. 130
QUADRO 8.1. Fauna Ameaçada de Extinção Associada à Floresta Estacional Semidecidual 155

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1. Equipe Técnica Responsável Pela Elaboração do Projeto Básico. 4
TABELA 3.2. Equipe de Estágiários. 5
TABELA 3.3. Equipe Técnica Responsável Pela Elaboração dos Estudos Socioeconômicos e Ambientais. 6
TABELA 5.1. Estação Pluviométrica Selecionada. 12
TABELA 5.2. Estações Fluviométricas Selecionadas. 13
TABELA 5.3. Curvas Chave Revisadas. 19
TABELA 5.4. Alterações Efetuadas pela Consistência dos Dados das Estações Utilizadas. 20
TABELA 5.5. Coeficientes de Ponderação. 26
TABELA 5.6. Vazões Características Referentes à Série de Vazões Médias Mensais. 31
TABELA 5.7. Série de Vazões Máximas Médias Diárias. 32
TABELA 5.8. Vazões Máximas Para a Estação Japurá – Período Completo – Ano Civil. 33
TABELA 5.9. Vazões Máximas Médias Para a PCH Rio dos Índios (período completo). 34
TABELA 5.10. Vazão Média Mensal Mínima e Vazão Residual. 34
TABELA 5.11. Vazões Mínimas Diárias Anuais e Vazões Mínimas com Sete Dias de Duração e Dez Anos de Recorrência (Q7,10). 36
TABELA 5.12. Vazão Mínima Diária Anual (QMIN), Mínima Diária com Sete Dias de Duração e Dez Anos de Recorrência (Q7,10) e Vazão Residual (QR = 50%.Q7,10) 37
TABELA 5.13. Dados da Curva Cota x Área x Volume. 37
TABELA 5.14. Sumário de Valores Obtidos por Meio de Fórmulas Empíricas Propostas Para a Determinação da Altura de Onda. 38
TABELA 5.15. Sumário de Valores Obtidos por Meio de Fórmulas Empíricas Propostas Para a Determinação da Altura de Onda. 39
TABELA 5.16. Seção Transversal no Local de Implantação do Canal de Fuga da Usina. 40
TABELA 5.17. Quantis Correspondentes às Curvas de Freqüência de Vazões de Cheia Estação Japurá – Rio dos Índios. 45
TABELA 5.18. Ordenadas do Hidrograma Milenar (Instantâneo). 47
TABELA 5.19. Ordenadas dos Hidrogramas Milenares Afluente e Defluente e Níveis d'Água Atingidos no Reservatório da PCH Rio dos Índios. 49
TABELA 5.20. Localização das Seções Transversais. 52
TABELA 5.21. Perfis de Linha d'Água – Influência do Remanso. 52
TABELA 5.22. Estatísticas do Tempo de Enchimento do Reservatório da PCH Rio dos Índios. 55
TABELA 5.23. Composição Granulométrica (%)* 59
TABELA 5.24. Avaliação da Descarga Sólida Total Para a PCH Rio dos Índios. 61
TABELA 5.25. Determinação do Tempo de Assoreamento. 61
TABELA 5.26. Vida Útil do Reservatório do Aproveitamento Estudado (anos). 62

TABELA 9.1. Médias Climáticas Históricas da cidade de Cianorte de 1972 a 2001. Fonte: IAPAR, 2009. 161

TABELA 9.2. Resultados das análises bacterilógicas para os pontos de amostragens localizados no rio dos Índios 168

TABELA 9.3. Resultados das análises físico-químicas para o ponto de amostragem Ponte Bigão localizado no rio dos Índios 168

TABELA 9.4. Identificação e Nomes Vulgares dos Peixes Registrados Para a Área de Estudo. Na Coluna ID São Citados os Métodos Utilizados Para o Registro de Cada Espécie ou Gênero (Cp. - Captura ou R.I. - Registro Informal)..... 168

TABELA 9.5. Identificação e Nomes Vulgares dos Anfíbios Registrados Para a Área de Estudo. Na coluna ID São Citados os Métodos Utilizados Para o Registro de Cada Espécie ou Gênero (O.D. = Observação Direta, Vc. = Vocalização e Cp. = Captura). 169

TABELA 9.6. Identificação e Nomes Vulgares dos Répteis Registrados Para a Área de Estudo. Na Coluna ID São Citados os Métodos Utilizados Para o Registro de Cada Espécie ou Gênero (O.D. = Observação Direta, Cp. = Captura e R.I. = Registro Informal, Relato Pelos Moradores da Região). 170

TABELA 9.7. Habitat e Guilda das Espécies de Aves Registradas na Área de Floresta e no seu Entorno Próximo Durante o Diagnostico. Taxonomia e Nomenclatura Seguem Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO) Consultado em Outubro de 2005. Legendas (CAD: Carnívoro Aéreo Diurno, CAN: Carnívoro Aéreo Noturno, DET: Detritívoro, FGV: Frugívoro, GRA: Granívoro, IAD: Insetívoro Aéreo Diurno, IAN: Insetívoro Aéreo Noturno, IAQ: Insetívoro de Ambiente Aquático, IBO: Insetívoro de Borda, ICO: Insetívoro de Copa, IES: Insetívoro Escalador, ISC: Insetívoro de Subcopa, NEC: Nectarívoro, OBO: Onívoro de Borda, OCO: Onívoro de Copa, OSC: Onívoro de Subcopa, OSO: Onívoro de Solo e PIC: Piscívoro). 171

TABELA 9.8. Identificação e Nomes Vulgares dos Mamíferos Registrados Para a Área de Estudo. Na Coluna ID São Citados os Métodos Utilizados Para o Registro de Cada Espécie ou Gênero (A.R. = Análise de Rastros, O.D. = Observação Direta e Cp. = Captura). 175

TABELA 9.9. Relação das Espécies Vegetais Arbóreas Presentes no Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual da Região de Indianópolis, Paraná..... 180

Tabela 9.10. Classificação das Espécies Amostradas por Grupos e Cológicos no Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual da Região de Indianópolis, Paraná. (P = Pioneira; Si = Secundária Inicial; St = Secundária Tardia; Sc = Sem Classificação). 182

Tabela 9.11. Relação das Espécies de Importância Econômica Presentes no Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual daRregião de Indianópolis, Paraná..... 185

Tabela 9.12. Relação das Espécies Raras e/ou Ameaçadas de Extinção e das Espécies Protegidas por Lei Presentes no Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual da Região de Indianópolis, Paraná..... 185

Tabela 9.13. Porcentagem de Espécies Amostradas por Família no Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual da Região de Indianópolis, Paraná..... 185

1. APRESENTAÇÃO

O presente relatório tem por finalidade a apresentação dos resultados dos estudos ambientais da PCH Rio dos Índios, a ser implantada no km 28,30 do Rio dos Índios, entre os municípios de São Tomé e Indianópolis, no estado do Paraná.

Este documento reúne e consolida todos os estudos e levantamentos ambientais realizados nas áreas de influência do empreendimento e discute sua viabilidade ambiental.

Inicialmente, os levantamentos foram realizados através de macroabordagem dos meios físico, biótico e socioeconômico, caracterizando geologia, climatologia, solos, uso e ocupação, hidrografia, aspectos sociais e econômicos.

Em seguida, foram levantados os dados primários da área de influência direta do empreendimento, através de levantamentos de fauna, flora, geologia, sondagens, análises de água e pesquisas junto a população e demais setores envolvidos pela temática.

Com base na caracterização da área influenciada pela PCH, foram identificados e avaliados os seus impactos, levando-se em consideração se positivo ou negativo, direto ou indireto, local ou regional, curto prazo, reversível ou irreversível e finalmente, magnitude.

Os impactos são passíveis de mitigação e uma vez identificado o quadro dos impactos ambientais causados pelo empreendimento, foram elaborados os programas, planos e projetos ambientais a serem implementados para atenuar seus efeitos e consolidar sua viabilidade.

2. OBJETIVOS

A **AVENORTE** proponente da PCH Rio dos Índios definiu os objetivos de sua gestão estratégica com relação à geração de energia elétrica, resumidos nos pontos a seguir:

- Fortalecer os interesses do Estado do Paraná no quadro de geração de energia elétrica;
- Demonstrar a competência das indústrias do Estado;
- Internalizar o consumo de energia no Estado;
- Utilizar o sistema de transmissão e distribuição, aumentando os ganhos da COPEL;
- Atender os interesses da indústria local;
- Aumentar a competitividade de nossas indústrias;
- Fortalecer o crescimento econômico industrial;
- Efetuar investimentos diretos em infra-estrutura;
- Aproveitar a vocação energética do Paraná;
- Aproveitar os recursos hídricos através da multiutilização tais como, eco-turismo, pesca recreativa e lazer;
- Aumentar a renda e arrecadação de impostos;
- Garantir que a enérgica gerada será consumida por empresas do Paraná;
- Gerar emprego e renda em regiões de baixo IDH (São Tomé, Indianópolis e Japurá);
- Ampliar o nível e a oferta de energia;
- Descentralizar a geração de energia, utilizando a iniciativa privada;
- Evitar fugas de recursos financeiros para outros Estados;
- Reduzir perdas com distribuição;
- Garantia de energia firme e de preços;
- Otimizar a matriz energética;
- Aumentar a participação na geração de energia desta fonte alternativa;
- Inserir o Estado no mercado mundial do seqüestro de carbono;
- Reduzir o impacto ambiental nos aproveitamentos hídricos.

3. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR E CONSULTOR

3.1. Empreendedor

AVENORTE – Avícola Cianorte, Ltda.
Estrada para Fécula, Km 04 Lotes 906 a 910, Cianorte/PR.
CEP: 87.200-000
Fone: (44) 3619-5544
CNPJ nº 01.682.147/0001 - 71Inscrição estadual nº 901.40168 – 37
Nome para contato: **João Batista Gomes Simão**
Fone: (43) 3619-5544

3.2. Consultores

Sob a supervisão e coordenação do Administrador João Batista Gomes Simão - registro no Conselho Regional de Administração do Paraná nº 9714 - e as empresas listadas abaixo, contribuíram com os estudos para a elaboração do Projeto Básico da PCH Rio dos Índios (Tabela 3.1).

- Projeto de Engenharia

O Estudo de "Inventário Hidroelétrico Simplificado do Rio dos Índios" foi realizado pela POENTE – Engenharia e Consultoria S/C Ltda., localizada à Av. do Contorno, nº3257 – 8º andar – Santa Efigênia, telefone /fax (0XX) 31 3463-3720.

- Estudos Topográficos:

Os estudos topográficos foram realizados pela empresa IDUARTE – Engenharia Agrimensura e Geo-Ambiental, no ano de 2004, sendo o responsável técnico o Sr. Irineu Duarte De Oliveira Filho – Engenheiro Agrimensor Crea-SP 59881/D; 3168/V-PR e 10705/VD-MT, com credenciamento no INCRA – código APC, à Rua José Bonifácio 1.346 – Goioerê – PR, CEP: 87.360-000, contato através de: iduarte@visaonet.com.br.

TABELA 3.1. Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Projeto Básico.

Nome	Formação e Titulação	Atribuição	Conselho Proficional
Antônio Edimundo B. de Melo	Engenheiro	Coordenação Geral e Hidráulica	
Antônio César Bastos	Geólogo	Sub-Coordenação Geral	
José A. Pimentel Pessoa	Engenheiro	Consultoria Técnica	
Paulo Orestes Mota	Engenheiro	Lay-outs/Quantitativos/ Custos/Estudos Básicos	
Leonardo de Pinho Tavares	Engenheiro Civil	Lay-outs/Quantitativos/ Custos/Estudos Básicos	CREA 2090-D
Joana Bicalho de A. Mendes	Engenheira	Lay-outs/Quantitativos/ Custos/Estudos Básicos	-
Leonardo Barbosa	Engenheiro	Lay-outs/Quantitativos/ Custos/Estudos Básicos	-
Cláudio Márcio da Silva	Geólogo	Geologia de Engenharia	
Tatiani Cristini Timotti	Engenheira	Hidrologia	
Alessandra Aparecida de Lima	Engenheira	Hidrologia	
Leonardo Soares João	Engenheiro Eletricista	Hidroenergia	
Ângela Andréa Diniz	Geógrafa	Meio Ambiente	
Ionah de Pinho Tavares	Arquiteta	Equipe Cadista	
Cláudio Eduardo Viana	Arquiteto	Equipe Cadista	
Luiz Fernando Cisotto Bastos	-	Equipe Cadista	
Sergio Silva Evangelista	-	Equipe Cadista	
Andréia Oliveira Carmo	-	Secretária Geral	
Fábio Luis Quintal Carvalho	Biologo	Levantamento Fitossociológico	7-66051/71-D
Pedro Rebola	Engenheiro Químico		8979/D
Irineu Duarte de Oliveira Filho	Engenheiro Agrimensor	Estudos Topográficos	059881/D
José Cândido Estevaux	Geólogo		

- Estudos Geológicos e Geotécnicos

Tais estudos foram elaborados pela empresa MINAS SOLOS SONDAGENS Ltda. de Belo Horizonte MG.

- Estudos Referentes ao Meio Biótico

No que concerne ao levantamento florístico, este foi efetuado pelo Biólogo Fabio Luis Quintal Carvalho, professor universitário e profissional registrado no Conselho Federal de Biologia sob o nº 7-66051/07-D.

Os estudos sobre a fauna existente no local do aproveitamento foram realizados pelo Biólogo Gustavo Monteiro Teixeira, professor da FAP (Faculdade de Apucarana) e estagiários do mesmo (Tabela 3.2).

TABELA 3.2. Equipe de Estágiários.

ESTAGIÁRIOS DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DA FAP		
NOME	**RG**	**CPF**
Rafael Munhoz Ribeiro	8691764-5	009.436.669-10
Rogério Ferreira Júnior	6275854-6	024.082.549-7
Edson Verni Lopes	6900945-0	028.533.489-11
Edmilson César Sperandio	4610592-3	535.316.049-53
Marcio José de Silveira	6545866-7	034.000.999-37
Vinícius Carvechia	8112398-5	043.312.249-88

3.3. CMB Consultoria Ltda

CMB Consultoria Ltda
Mineração e Meio Ambiente
Av. Higienópolis, 1505 sl.403/404 – Centro
CEP 86015-010
Fone/Fax: (43) 3344-2086
Email: contato@cmbconsultoria.com.br
CNPJ n$^{0.}$ 05.114.034/0001-20
Inscrição Estadual: isenta

A CMB teve a atribuição de elaborar os estudos socioeconômicos, fazendo o diagnóstico das AII e AID, impactos, planos e programas, e também a integração dos demais estudos ambientais e o resumo dos resultados do Projeto Básico da PCH e documentação pertinente.

TABELA 3.3. Equipe Técnica Responsável pela Elaboração dos Estudos Sócioeconômicos e Ambientais.

Nome	Formação e Titulação	Atribuição	Conselho Proficional
Cleuber Moraes Brito	Geólogo Mestre em Geofísica	Coordenação Geral	CREA 26.007-D
Rigoberto L. P. Cainzos	Geofísico Doutor em Geofísica	Cartografia	-
Irene Domenes Zapparoli	Economista Doutora	Estudos Socioeconômicos	CORECON 4.784
Vânia Brito	Desenho Industrial	Projeto Gráfico	-
Eriton Diones Dalbó	Estagiário	Aluno Geografia	-
Thamy Bárbara Gioia	Estagiária	Aluna Geográfia	-

4. JUSTIFICATIVAS DO EMPREENDIMENTO

A preocupação dos empreendedores com a escassez de energia elétrica e seu alto custo, uma vez que afeta diretamente a funcionalidade de sua unidade produtiva com sede em Cianorte/PR, que nos últimos doze meses faturou a quantia significativa de R$ 78.116.444,00 (Setenta e oito milhões, cento e dezesseis mil, quatrocentos e quarenta e quatro reais) e mantém 450 empregos diretos e 1500 empregos indiretos através de seus parceiros integrados, e o material abaixo publicado em jornal de grande circulação no país que apresenta um cenário preocupante ocasionado pela eminente escassez da energia elétrica e a oportunidade das PCH's atuarem como fontes alternativas na produção de energia limpa e na redução dos impactos ao meio ambiente serviram como inspiração para que a AVENORTE optasse por investir no ramo de produção de energia elétrica.

> "O medo de um novo "apagão" elétrico e do aumento excessivo nas tarifas de energia tem feito com que um número cada vez maior de empresas, fundos e investidores individuais entre na área de PCH's (Pequenas Centrais Hidrelétricas). Na lista, figuram nomes como os do ex-ministro do Desenvolvimento Luiz Fernando Furlan, da família Szajman, da KLABIN Papel e Celulose, do frigorífico BERTIN e das gestoras de recursos Pátria e BRASCAN. Todas as semanas entram novos projetos de financiamento no banco", afirma Alan Fischler, chefe do Departamento de Infra-estrutura do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social). "São grupos empresariais e fundos de investimentos nacionais e estrangeiros querendo trabalhar com energia limpa. A demanda pode ser medida pelo valor dos empréstimos concedidos pelo banco, que passou de R$ 82 milhões em 2003 para R$ 782,2 milhões em 2006. Neste ano, o banco já emprestou R$ 606 milhões até agosto para PCH's, que, por definição, são as centrais com até 30 MW de potência. "O alto custo da energia deixou de ser um diferencial para se tornar uma ameaça à nossa competitividade internacional", diz José Oscival dos Santos, assessor de meio ambiente e energia da KLABIN. "Temos hoje sérias preocupações com o fornecimento de energia." Para a maioria dos empresários ouvidos, se não houver investimentos pesados em geração a expectativa é que falte energia na virada da década. Por isso, a KLABIN, que produz metade da energia consumida em suas fábricas, investiu R$ 200 milhões em melhoria de turbinas e caldeiras. "Também estamos buscando oportunidades para adquirir usinas tradicionais e PCH's", diz Santos. Empresa com maior número de PCH's, a CEMIG vai aumentar a potência de suas usinas, substituindo turbinas, geradores e fazendo reformas. Já a americana DUKE ENERGY voltou a investir no país, ao comprar

recentemente duas PCH's. Mesmo quem não é do ramo se preocupa com o tema. Praticamente todas as grandes consumidoras têm dedicado grandes investimentos em auto-geração de energia (leia texto abaixo).

Certeza do apagão:

"As empresas não têm medo da falta de energia: elas têm certeza", diz José Sérgio de Oliveira Andrade, diretor da consultoria CNDPCH (Centro Nacional de Desenvolvimento em PCH). "Ninguém duvida que faltará energia em dois ou três anos. A pergunta é se a falta será maior ou menor."De acordo com Goret Pereira Paulo, coordenadora do Núcleo de Energia da FGV Projetos, a oferta teria de aumentar de 1,2 a 1,3 ponto percentual acima do crescimento do PIB para não haver falta de energia. Não é o que vem acontecendo. "Desde 2001, a oferta cresce em ritmo menor do que o esperado", diz ela. "Não houve grandes investimentos em aumento da capacidade, e as áreas leiloadas foram poucas." De olho nesse mercado, alguns gestores de recursos têm montado operações para investir em geração de energia. O grupo BRASCAN criou a BRASCAN Energética S.A. (BESA) e a Pátria Investimentos fundou a Energias Renováveis S.A. (ERSA). A BESA administra 15 PCH's e tem mais quatro em fase de construção. Já a ERSA comprou, há dois meses, 12 projetos de PCH's do grupo Opportunity. "Tão logo o quadro regulatório do setor se confirmou, os investidores passaram a se sentir confiantes para entrar na área", afirma Octávio Castelo Branco, presidente da ERSA. Segundo ele, a ERSA optou por investir em PCH's porque, apesar de esse tipo de energia ser mais caro do que o das grandes centrais hidrelétricas, as licenças de operação saem mais facilmente devido ao pequeno impacto ambiental. As interferências políticas também são menores e, por isso, as obras andam com mais facilidade. No longo prazo, a ERSA pretende diversificar a produção e fazer com que de 50% a 60% da energia vendida seja gerada por PCH's, de 20% a 30% por biomassa e 10% de outras fontes, como eólica ou gás metano, de aterros sanitários. Hoje, a ERSA tem 77 MW de autorizações e licenças em PCH's. Detalhe: 95% da produção, antes mesmo de as usinas estarem construídas, já está vendida. Sua meta é ter capacidade de geração de 600 MW em cinco anos. Para isso, pretende investir R$ 2 bilhões. De olho nesse mercado, a WEG acaba de comprar a fabricante de turbinas HISA, especializada em equipamentos para PCH's. "As vendas nessa área só tendem a aumentar", diz Roberto Bauer, diretor da unidade de energia da WEG. *CRISTIANE BARBIERI DA REPORTAGEM LOCAL (Folha de São Paulo, 21 de outubro de 2007).*

5. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO/ PROJETO BÁSICO PCH RIO DOS ÍNDIOS

Elaborado pela POENTE ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA, durante a fase de concepção do empreendimento, dá as principais características tecnológicas, locacionais e operacionais da PCH Rio dos Índios, cujas principais podem ser vistas nos itens a seguir.

5.1. Localização

A bacia hidrográfica do rio dos Índios, ANEXO MAPAS – PBA-RDI-001 tem suas nascentes no espigão definido, aproximadamente, pela rodovia que liga Tuneiras do Oeste a Campo Mourão nas coordenadas de 23º55'15"S e 52º40'12"W no interflúvio que faz a divisa com o município de Cianorte. O topo do interflúvio fica em torno de 579 m de altitude e a nascente mais elevada tem origem na cota 520m. O rio dos Índios é um dos principais afluentes do rio Ivaí, pela margem esquerda, que por sua vez, é um contribuinte direto, pela margem esquerda, do rio Paraná no Estado do Paraná.

A área total da bacia, em torno de 910 km², abrange a região noroeste paranaense e engloba, partindo de montante para jusante, os municípios de: Tapejara, Cianorte, São Tomé, Indianópolis e Japurá. Os principais tributários do rio dos Índios são, pela margem esquerda, os Rios São Vicente, Ribeirão São Cristóvão e o Córrego Tamanará e, pela margem direita, Ribeirão Bom Jesus, Ribeirão Bolívar e Córrego Camanducaia.

A partir das nascentes o rio corre, aproximadamente, no sentido SW-NE até desaguar no rio Ivaí, próximo à estrada vicinal que liga Japurá a São Carlos do Ivaí (coordenadas: 23º22'15"S e 52º32'30"W), na elevação aproximada de 258,00m.

O local de implantação da PCH Rio dos Índios situa-se na região noroeste do estado do Paraná, região esta que constitui um importante pólo de agricultura e desenvolvimento do estado, tendo como principal centro urbano à cidade de Cianorte, ANEXO MAPAS – PBA-RDI-002.

A partir de Cianorte, atinge-se a região dos estudos pela rodovia PR-082 após percorrer 11,0km e depois, pela PR-498 até a cidade de São Tomé, por mais 5,5km. A partir de São Tomé, seguindo à Japurá pela mesma rodovia, percorre-se aproximadamente 3,7km até se atingir a entrada da Pedreira São Tomé seguindo por estrada vicinal bem conservada até a ponte sobre o rio dos Índios percorrendo mais 6,4km. O eixo do barramento situa-se a

aproximadamente 500m a montante da ponte e pode ser facilmente atingido por ambas as margens.

Para se chegar a Casa de Força deve-se seguir pela estrada Vicinal em direção à Indianópolis por aproximadamente 1,0km. Em seguida, o caminho segue pelo lado direito, a jusante do rio, onde se encontra uma segunda ponte. Seguindo pela margem esquerda, por aproximadamente mais 5,0 km encontra-se a casa de força.

5.2. Concepção Técnica

5.2.1. Estudos e Investigações Realizadas

5.2.1.1 Topografia e Aerofotogrametria

Para a elaboração deste Projeto Básico realizou-se um levantamento topográfico de precisão para o sítio do aproveitamento hidrelétrico na escala 1:1.000, com curvas de nível de 1,00 em 1,00 metro, desde a posição do eixo da barragem até a casa de força, incluindo todo o canal de adução, câmara de carga e tubulação forçada.

Para o reservatório, utilizou-se um levantamento aerofotogramétrico na escala 1:10.000, com curvas de nível de 10,00 em 10,00 m.

Estes trabalhos foram realizados pela empresa IDuarte - Engenharia Agrimensura e Geo-Ambiental, em 2004, sendo responsável técnico o Sr. Irineu Duarte de Oliveira Filho - Engenheiro Agrimensor Crea-SP 59881/D; 3168/V-PR e 10705/VD-MT, com credenciamento do INCRA – código APC, à Rua José Bonifácio 1.346 – Goioerê - PR, Cep. 87360-000. Email: iduarte@visaonet.com.br.

Roteiro dos Marcos Implantados

Localização e itinerário do marco da malha **Paranacidade** tomado como base:

Partindo-se com 0,00 km em frente à Prefeitura Municipal de Japurá, situada na Avenida Bolivar, esquina com a Rua Palmital, segue-se sentido Praça Brasil, com 0,12 km, toma-se à direita, com 0,18 km, segue-se em direção à São Tomé, com 1,70 km, chega-se ao local onde está implantado o MR-1001-I, que está a esquerda do canteiro central (Rodovia PR-467) RN-1002-I com h (ortom.)= 453,628 m.

Marco 01 - Seguindo pela estrada da pedreira sentido a Indianópolis, atravessando o Rio dos Índios, adentra no carreador à esquerda, o marco em concreto está localizado a direita do carreador (coordenadas: 334.763,304 - 7.402.667,547 e h= 349,350).

Marco 02 - Seguindo pela estrada municipal de Japurá a Indianópolis junto ao lado esquerdo da ponte de madeira do Rio dos Índios, marco em concreto (coordenadas 336.792,531 - 7.404.276,821 e h= 291,642).

Marco 03 – Localizado do lado direito do rio, descendo a estrada sentido Indianópolis, passando pela entrada da pedreira, primeiro carreador à esquerda, adentrando no referido carreador, seguindo até próximo à rede de alta tensão sendo o marco colocado à direita da mesma. (coordenadas 334.996,831 – 7.402.187,511 e h = 343,742).

5.2.1.2 Estudos Hidrometeorológicos

Geral

O presente item apresenta os estudos para a estimativa dos parâmetros hidrológicos e sedimentológicos necessários ao desenvolvimento dos estudos de Projeto Básico da PCH Rio dos Índios, localizada no rio dos Índios, parte integrante da bacia do rio Ivaí, que por sua vez é parte integrante da bacia do rio Paraná, no estado do Paraná.

Os principais resultados apresentados no decorrer do presente capítulo compreendem a série de vazões afluentes médias mensais abrangendo o período de 1953 a 2002; a vazão de cheias de projeto para diversos períodos de retorno notavel; a estimativa das vazões mínimas no local do aproveitamento; a afluência média anual de sólidos totais ao reservatório da usina, que permite a estimativa do tempo de assoreamento do reservatório; amortecimento e remanso do reservatório; tempo de enchimento; dentre outros.

Estudos Anteriores

A sub-bacia hidrográfica do rio dos Índios foi originalmente analisada, em nível de Inventário Hidrelétrico nos estudos efetuados pela Canambra Engineering Consultants Limited, na década de sessenta. Estes estudos abrangeram o levantamento da bacia hidrográfica do rio Paraná como parte do levantamento do potencial energético da região

sudeste-sul do país. Naquela época, o rio dos Índios não foi incluído nas conclusões, por não ter sido considerado atraente pelos critérios técnicos então vigentes.

Posteriormente, na década de 80, a Companhia Paranaense de Energia – COPEL fez um novo inventário da bacia hidrográfica do rio Ivaí, concentrando-se na sua calha principal; estudos estes que não atingiram a etapa final de inventário, embora tenham sido destacados seis eixos barráveis, totalizando 718,0 MW. Um destes empreendimentos hidrelétricos projetados, denominado UHE Três Figueiras, com 120 MW de potência instalada, com N.A's nas elevações 259,0 m a montante e 240,0 m a jusante, poderia vir a interferir no rio dos Índios nos atuais estudos. Em consulta feita à COPEL, foi informado à SS Consultoria Empresarial Ltda, que este empreendimento poderá não constar da nova partição ora em estudo.

Disponibilidade de Dados

As informações necessárias para o desenvolvimento dos estudos hidrometeorológicos, para a região do empreendimento, foram obtidas com base nas publicações: Inventário das Estações Pluviométricas e Inventário das Estações Fluviométricas, editados pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, 2001.

Dados Pluviométricos

Foram relacionadas, a partir do Inventário de Estações Pluviométricas (ANEEL, 2001), as estações climatológicas e pluviométricas mais próximas à área dos estudos. A estação mais representativa, encontrada na região, é apresentada na Tabela 5.1.

TABELA 5.1. Estação Pluviométrica Selecionada.

Código	Nome da Estação	Município	Entidade	Período de Dados
02352019	Cianorte	Cianorte	IAP (PR)	1972 a 2001

Dados Fluviométricos

A fim de subsidiar os estudos fluviométricos do rio dos Índios, foram inventariadas as estações consideradas mais representativas para a consolidação dos dados hidrológicos básicos no rio de interesse, onde se localiza o empreendimento energético analisado. Foram selecionadas as estações apresentadas na Tabela 5.2.

TABELA 5.2. Estações Fluviométricas Selecionadas.

Código	Estação	Curso d'água	Entidade	A.D. (km²)	Período de Dados
64682000	Japurá	Índios	ANA	807	01/1977 a 12/2002
64680000	Jussara	Ligeiro	ANA	727	08/1976 a 08/1994
64675002	Porto Bananeiras	Ivaí	SUDERHSA	24.200	03/1974 a 10/2002
64685000	Paraíso do Norte	Ivaí	ANA	28.247	04/1953 a 12/2002

O critério utilizado na escolha das estações listadas fundamentou-se na disponibilidade de informações, período de operação e na proximidade destas ao sítio do aproveitamento.

Estudos Pluviométricos

Estudos locais constataram que, devido às influências climáticas, entre os meses de outubro e março, o ar frio da Frente Polar Atlântica é desviado para o oceano pela Frente Intertropical, que se desloca por sobre o continente no sentido norte-sul e, quando carregadas de umidade, provocam sensíveis períodos de chuvas torrenciais. São as chuvas frontais que perduram por alguns dias sobre a região, causando enormes prejuízos nas áreas recentemente preparadas para cultivo e não suficientemente protegidas contra a erosão.

O regime anual de precipitação, embora não seja tipicamente tropical, tem um ritmo semelhante ao que caracteriza a região central do Brasil (regiões centro-oeste e sudeste). O máximo índice pluviométrico ocorre no verão, quando a média de precipitação gira em torno de 224,7 mm. O mínimo ocorre em fins de outono e no inverno, com média de, aproximadamente, 127,3 mm.

A maior pluviosidade ocorre nos meses de setembro e outubro, podendo, entretanto, ocorrer nos meses de março e abril, coincidindo com a mudança dos solstícios no hemisfério sul, aliado a um maior desenvolvimento do fenômeno denominado de *"El Niño"* que ocorre no Pacífico Sul, à altura da costa do Peru. Nessas situações, a estação do inverno apresenta uma pluviosidade atípica.

A média de precipitação anual na região varia de 1.200 a 1.500 mm. Já nas porções meridionais, a média apresenta-se um pouco maior, com valores variando entre 1.500 a 1.750 mm. A estação meteorológica de Cianorte (código: 02352019), localizada na porção

superior da bacia do rio dos Índios, apresentou, nos últimos anos, uma precipitação anual média de 1.916,4 mm.

Nas Figuras 5.1 e 5.2, pode-se constatar que as chuvas encontram-se distribuídas durante o ano todo na região, com precipitação anual média girando em torno de 1.600 mm. O mês de julho (no inverno) é o mais seco e o mês de janeiro (no verão) é o mais chuvoso.

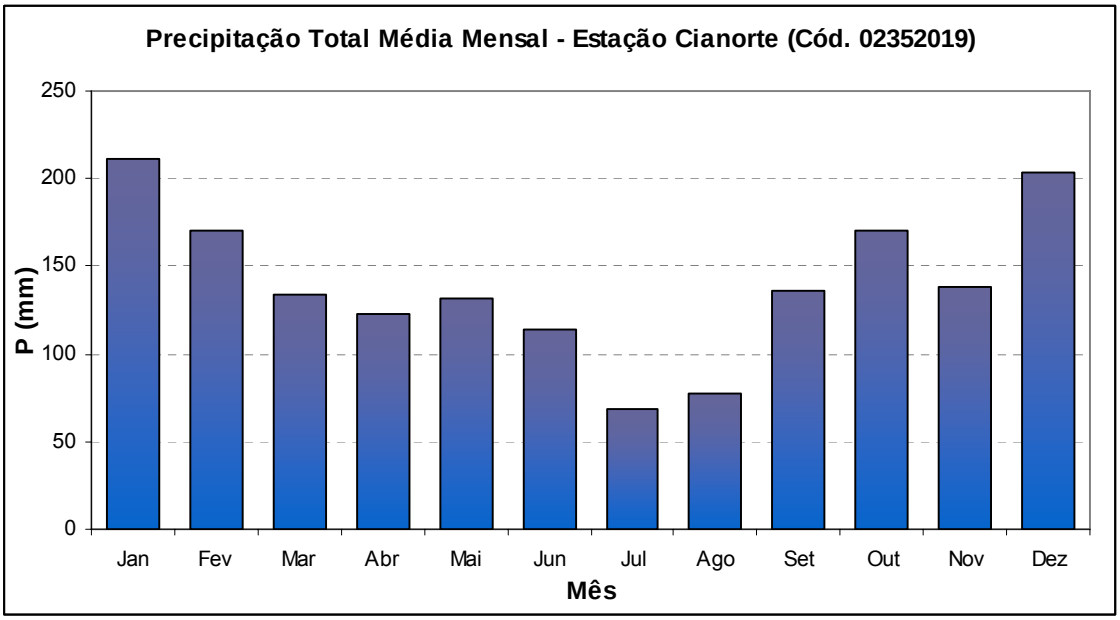


FIGURA 5.1. Características Mensais da Estação Cianorte/PR.

Estudos Fluviométricos

Análise da Rede Fluviométrica

A bacia do rio dos Índios que abrange, principalmente, os municípios de Cianorte, Tunerias do Oeste, São Tomé, Indianápolis e Japurá, comporta uma rede fluvial constituída por ribeirões, riachos e córregos.

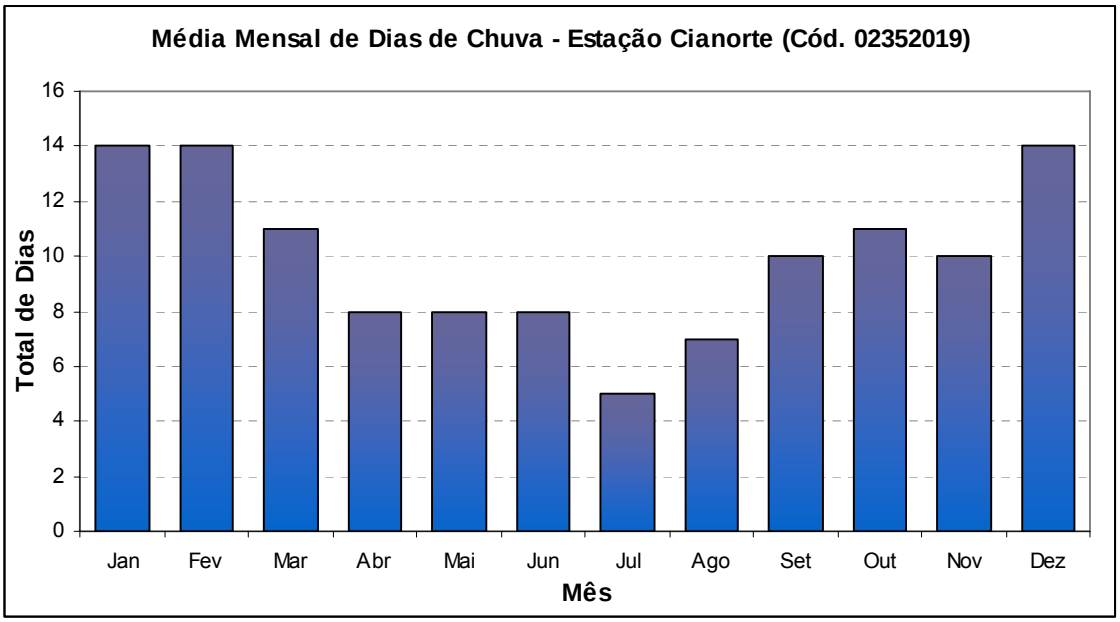


FIGURA 5.2. Número de Dias de Chuva Mensal na Estação Cianorte/PR.

O território do município de Cianorte, que se localiza no vale médio do Ivaí, engloba toda a rede de tributários que o drena, seguindo uma suave inclinação direcionada para o rumo norte. Considerando as características morfológicas desta região, com o relevo mais elevado no centro, pode-se constatar a formação de um divisor de águas no sentido sul-norte que é a direção seguida pelas duas correntes mais importantes: Rio Ligeiro e Rio dos Índios, que deságuam na margem esquerda do Rio Ivaí. Enquanto os afluentes do primeiro divisor correm no rumo geral oeste-leste, buscando a vertente do Rio Ligeiro, os afluentes do segundo ocorrem no rumo geral leste-oeste, buscando a vertente do Rio dos Índios.

Análise dos Dados: Curvas Características

As informações fluviométricas, obtidas por meio das séries históricas de vazões das estações selecionadas na sub-bacia do rio dos Índios e imediações, subsidiaram a caracterização do regime fluviométrico deste curso d'água. Dentre os postos selecionados, verificou-se maior representatividade da estação Japurá para a consolidação da série de vazões do aproveitamento hidrelétrico em estudo. Desta forma, considerando-se a extensão do período de dados históricos disponíveis e a localização da estação, a PCH Rio dos Índios teve suas séries de vazões médias mensais consolidadas com base nesta estação.

Durante os trabalhos de verificação da consistência dos dados obtidos, foram definidas as estações de maior interesse aos estudos (para extensão e preenchimento da

estação base), tanto em termos de proximidade quanto da disponibilidade de dados referentes à região de interesse. Foi levada em conta, ainda, a extensão do período de observação, a estabilidade da curva de calibragem, o número de medições de descarga e sua distribuição, entre outros aspectos.

A metodologia utilizada para verificar a consistência dos dados fornecidos pela ANA baseou-se em:

- Consistência das séries de cotas observando, nas estações em operação, se as leituras se encontravam dentro dos intervalos das réguas, fornecidos nas fichas descritivas;
- Consistência das medições de descarga fornecidas, recalculando vazão e área molhada através da velocidade, largura e profundidade, como valores médios na seção medidora;
- Traçado das curvas-chave de todas as estações de interesse para o estudo, verificando-se a coerência das medições de descarga, dos períodos de validade, extensão e comportamento das curvas;
- Restituição das séries de vazões diárias, através da aplicação das curvas-chave aos cotagramas, e análise das séries vizinhas em conjunto;
- Preenchimento de falhas, e logo após, análise volumétrica das séries médias mensais obtidas.

Foi realizada a análise das curvas-chave fornecidas, verificando-se a coerência dos valores de vazão, área molhada, profundidade média e velocidade, para cada período das curvas. Valores discrepantes foram corrigidos, e aqueles cujas informações eram insuficientes, foram eliminados.

As curvas foram traçadas a partir das medições de descarga consistidas, e foram sob-repostas às da ANA onde se pôde verificar se a mudança de comportamento ocorria nas datas mencionadas. As curvas-chave revisadas, referentes às estações analisadas são apresentadas nas Figuras 5.3, 5.4, 5.5 e 5.6; e na Tabela 5.3.

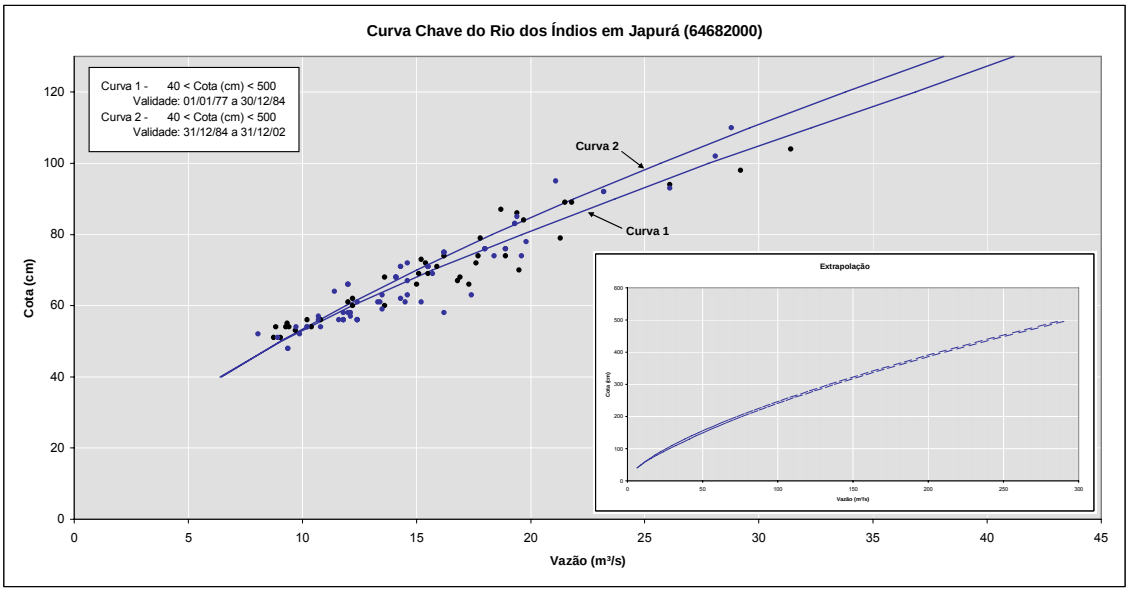


FIGURA 5.3. Curva Chave do Rio dos Índios em Japurá/PR.

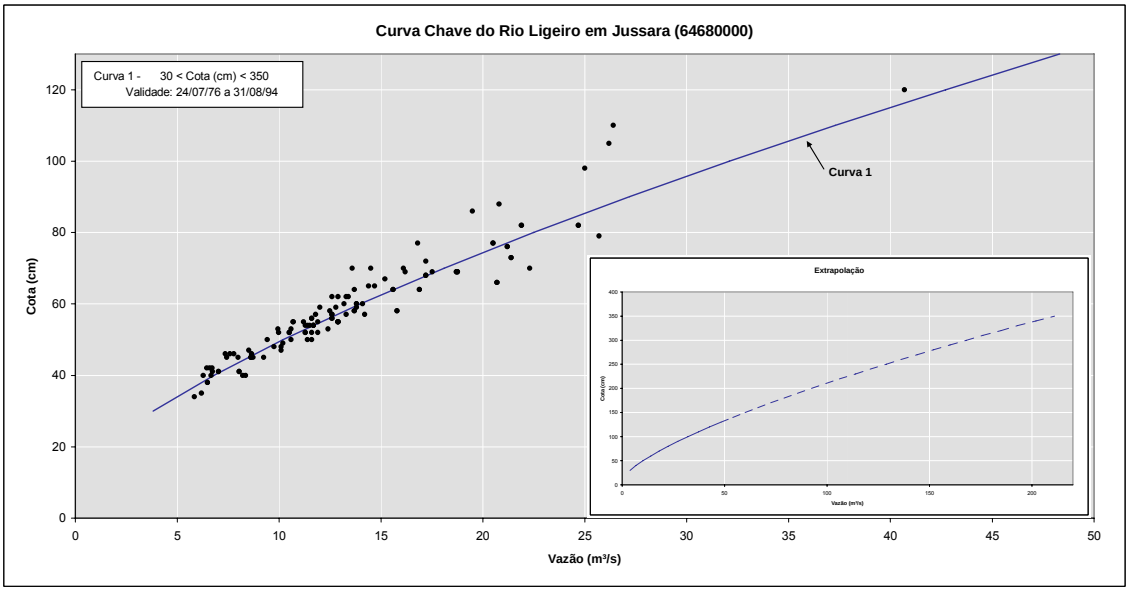


FIGURA 5.4. Curva Chave do Rio Ligeiro em Jussara/PR.

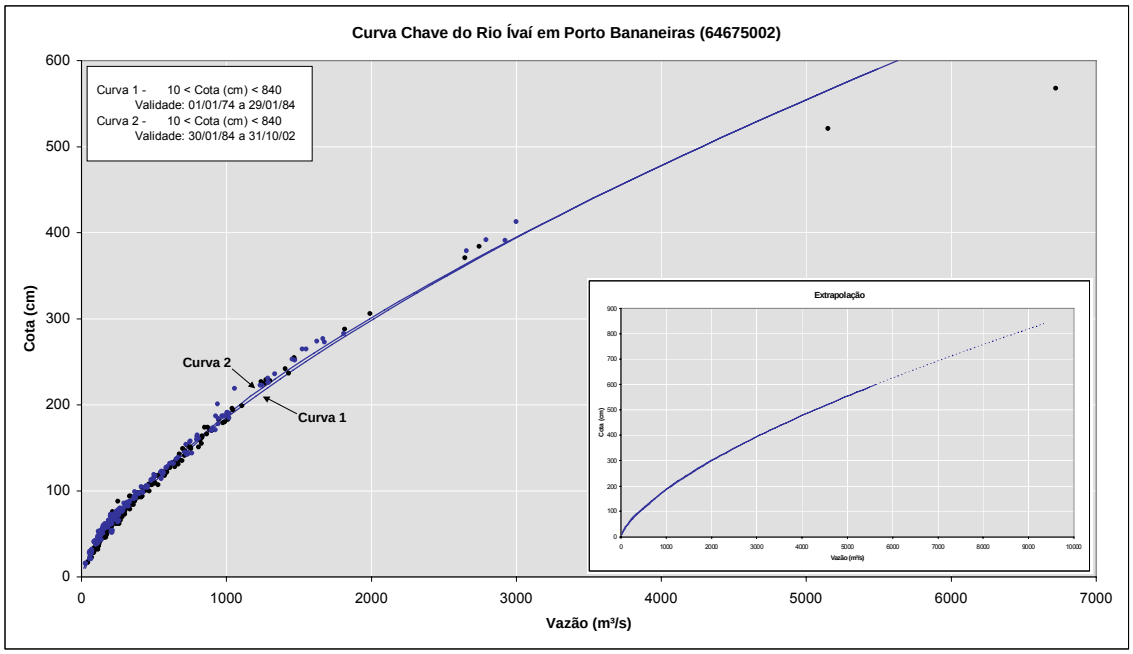


FIGURA 5.5. Curva Chave do Rio Ivaí em Porto Bananeiras/PR.

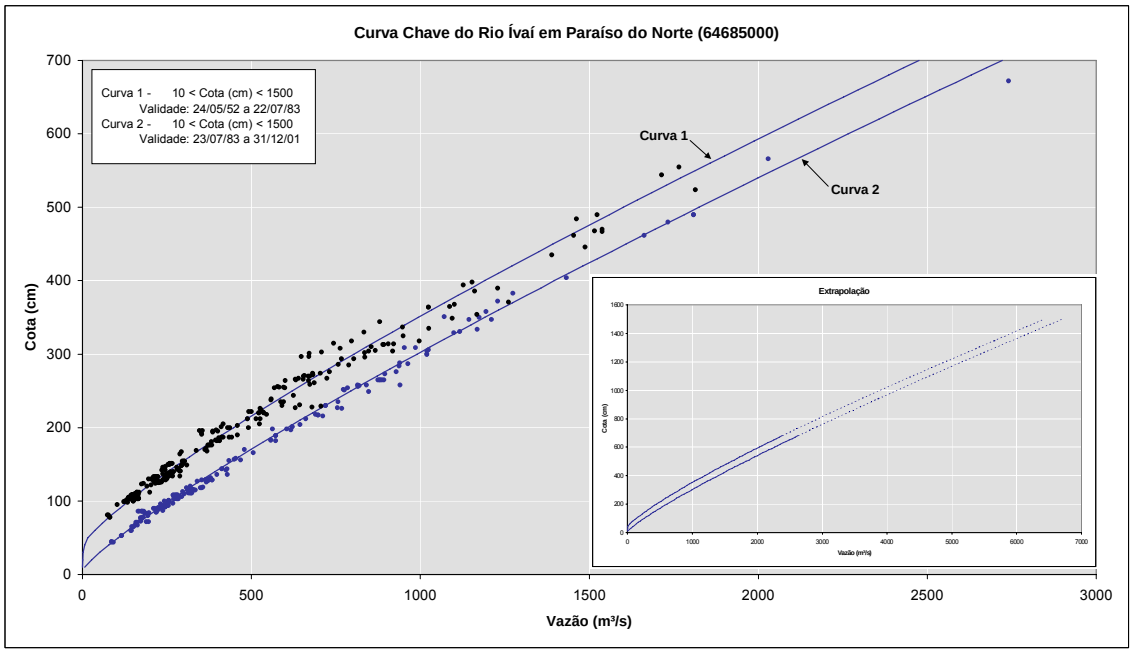


FIGURA 5.6. Curva Chave do Rio Ivaí em Paraíso do Norte/PR.

TABELA 5.3. Curvas Chave Revisadas.

Japurá (64682000)				Jussara (64680000)		Porto Bananeiras (64675002)				Paraíso do Norte (64685000)			
01/01/1977 a 30/12/1984		31/12/1984 a 31/12/2002		24/07/1976 a 31/08/1994		01/01/1974 a 29/01/1984		30/01/1984 a 31/10/2002		24/05/1952 a 22/07/1983		23/07/1983 a 31/12/2001	
Cota (cm)	Vazão (m^3/s)	Cota (cm)	Vazão (m^3/s)	Cota (cm)	Vazão (m^3/s)	Cota (cm)	Vazão (m^3/s)	Cota (cm)	Vazão (m^3/s)	Cota (cm)	Vazão (m^3/s)	Cota (cm)	Vazão (m^3/s)
40	6,4	40	6,5	30	3,8	10	16,1	10	26,1	10	0,0	10	6,3
50	9,1	50	9,0	40	6,8	20	39,2	20	52,9	20	0,6	20	27,4
60	12,2	60	11,9	50	10,2	30	68,3	30	85,1	30	1,5	30	51,7
70	15,7	70	15,0	60	14,0	40	102,4	40	122,0	40	6,2	40	78,0
80	19,6	80	18,3	70	18,1	50	140,9	50	163,0	50	15,7	50	106,0
90	23,7	90	21,9	80	22,5	60	183,4	60	207,8	60	36,2	60	134,0
100	27,8	100	25,7	90	27,2	70	229,5	70	257,5	70	59,1	70	164,0
110	32,3	110	29,6	100	32,1	80	276,8	80	309,0	80	83,7	80	195,0
120	36,9	120	33,8	110	37,3	90	339,1	90	367,0	90	110,0	90	226,0
130	41,2	130	38,1	120	42,7	100	408,0	100	433,5	100	137,0	100	258,0
140	45,7	140	42,6	130	48,3	120	535,9	120	565,0	120	193,0	120	324,0
150	50,5	150	47,3	140	54,0	140	663,6	140	688,0	140	253,0	140	392,0
160	55,3	160	52,1	150	60,0	160	803,0	160	820,0	160	316,0	160	462,0
170	60,3	170	57,1	160	66,2	180	940,0	180	962,7	180	380,0	180	534,0
180	65,4	180	62,2	170	72,5	200	1090,0	200	1120,2	200	447,0	200	607,0
190	70,8	190	67,5	180	79,0	220	1249,4	220	1285,3	220	515,0	220	681,0
200	76,2	200	72,9	190	85,6	240	1423,0	240	1457,6	240	585,0	240	756,0
210	81,8	210	78,5	200	92,4	260	1604,0	260	1636,9	260	657,0	260	833,0
220	87,6	220	84,2	210	99,4	280	1792,2	280	1822,9	280	729,0	280	911,0
230	93,4	230	90,0	220	106,0	300	1987,3	300	2015,3	300	803,0	300	990,0
240	99,4	240	96,0	230	114,0	320	2189,2	320	2213,9	350	994,0	350	1191,0
250	105,5	250	102,0	240	121,0	340	2397,5	340	2418,5	400	1191,0	400	1397,0
260	111,5	260	108,0	250	129,0	360	2612,2	360	2629,0	450	1393,0	450	1609,0
270	118,5	270	115,0	260	136,0	380	2833,0	380	2845,1	500	1601,0	500	1824,0
280	124,5	280	121,0	270	144,0	400	3059,8	400	3066,8	550	1814,0	550	2043,0
290	131,6	290	128,0	280	152,0	420	3292,4	420	3293,8	600	2031,0	600	2266,0
300	137,6	300	134,0	290	160,0	440	3530,7	440	3526,1	650	2252,0	650	2493,0
310	144,6	310	141,0	300	168,0	460	3774,6	460	3774,6	700	2476,0	700	2722,0
320	151,7	320	148,0	310	176,0	480	4024,0	480	4024,0	750	2705,0	750	2955,0
330	158,7	330	155,0	320	185,0	500	4278,7	500	4278,7	800	2937,0	800	3190,0
340	165,7	340	162,0	330	193,0	520	4538,6	520	4538,6	850	3172,0	850	3428,0
350	172,8	350	169,0	340	202,0	540	4803,6	540	4803,6	900	3410,0	900	3668,0
360	180,8	360	177,0	350	211,0	560	5073,7	560	5073,7	950	3651,0	950	3911,0
370	187,8	370	184,0			580	5348,8	580	5348,8	1000	3895,0	1000	4156,0
380	195,8	380	192,0			600	5628,7	600	5628,7	1050	4141,0	1050	4404,0
390	202,9	390	199,0			620	5913,4	620	5913,4	1100	4390,0	1100	4653,0
400	210,9	400	207,0			640	6202,8	640	6202,8	1150	4641,0	1150	4905,0
410	218,9	410	215,0			660	6496,9	660	6496,9	1200	4895,0	1200	5158,0
420	227,0	420	223,0			680	6795,5	680	6795,5	1250	5150,0	1250	5414,0
430	235,0	430	231,0			700	7098,6	700	7098,6	1300	5405,0	1300	5671,0
440	243,0	440	239,0			720	7406,2	720	7406,2	1350	5659,0	1350	5929,0
450	251,1	450	247,0			740	7718,2	740	7718,2	1400	5914,0	1400	6187,0
460	260,1	460	256,0			760	8034,5	760	8034,5	1450	3169,0	1450	6445,0
470	268,1	470	264,0			780	8355,0	780	8355,0	1500	6423,0	1500	6703,0
480	277,1	480	273,0			800	8679,8	800	8679,8				
490	285,2	490	281,0			820	9008,7	820	9008,7				
500	294,2	500	290,0			840	9341,7	840	9341,7				

A Tabela 5.4, apresenta as inconsistências identificadas e corrigidas nas estações selecionadas para obtenção das séries de vazões médias mensais da região.

TABELA 5.4. Alterações Efetuadas pela Consistência dos Dados das Estações Utilizadas.

Estação	Inconsistências / Alterações
Japurá (64682000)	Redefinição dos períodos de validade das curvas, através da análise dos gráficos de área *versus* cota e velocidade *versus* cota. Construção de nova curva para o período de 01/01/1977 a 30/12/1984. Obtenção das vazões médias diárias através das curvas consistidas e da série de cotas médias diárias consistida.
Jussara (64680000)	Inconsistências no resumo de medições: 01/05/89 – vazão corrigida para 17,52 m^3/s; registro de 01/05/95 – excluído; 24/11/98 – vazão corrigida para 18,8 m^3/s. Geração de uma nova série de vazões diárias a partir da série de cotas consistida e da curva chave estabelecida pela ANA, que se adequa bem ao resumo consistido. Geração de nova série de vazões médias mensais.
Porto Bananeiras (64675002)	Descarte da curva fornecida e construção de duas novas curvas, através da análise dos gráficos de área *versus* cota e velocidade *versus* cota. Obtenção das vazões médias diárias através das curvas consistidas e da série de cotas médias diárias consistidas.
Paraíso do Norte (64685000)	Resumo de medições: descartado o ponto referente à 30/10/82. Redefinição de novos períodos de validade para as curvas chave, uma vez que houve descarte da curva fornecida pela ANA e válida para o período de 01/01/80 a 31/12/96. Geração de nova série de vazões diárias a partir do resumo de cotas consistido e das curvas chave consistidas e redefinidas. Geração de nova série de vazões médias mensais.

Série de Vazões Médias Mensais

Para a consolidação das séries de vazões médias mensais da estação Japurá considerada como base, recorreu-se as séries históricas das estações relacionadas na Tabela 5.3, estudadas e consistidas pela ANA e SUDERHSA e consolidadas no presente estudo.

A série mensal da estação base abrange o período de janeiro/1977 a dezembro/2002, possuindo poucas falhas, apenas os meses de abril, outubro e novembro do ano de 1983 e novembro de 2002. Procurou-se estender a série de vazões das estações auxiliares até o ano de 1953 (período mais extenso possível nas proximidades da estação) tendo em vista o fato de que em uma análise hidroenergética é importante para que se possa contar com o maior histórico de vazões médias mensais possíveis de se estabelecer. As séries obtidas serviram de base para a determinação da série de vazões no local do aproveitamento.

Foram utilizadas cinco diferentes metodologias na extensão e preenchimento de falhas da série da estação base, quais sejam:

- Correlação simples;
- Correlação múltipla;
- Porcentagem média;
- Relação de vazões médias de longo termo e coeficientes de ponderação.

Na primeira metodologia aplicada, tentou-se estabelecer uma correção simples entre a estação Japurá e a estação Paraíso do Norte (Figura 5.7.), porém, foi constatado que embora os regimes sejam semelhantes, o coeficiente de correlação encontrado é menor do que o recomendado. Este fato pode ser explicado pela grande diferença de áreas de drenagem dos dois postos.

Na segunda metodologia aplicada, tentou-se estabelecer uma correlação múltipla entre os postos selecionados. A equação de correlação múltipla encontrada pode ser escrita como:

$$Q_{Japurá} = 0{,}673 Q_{Jussara} + 0{,}007 Q_{PortoBananeiras} - 0{,}007 Q_{ParaísodoNorte} + 4{,}653 \qquad R^2 = 0{,}99$$

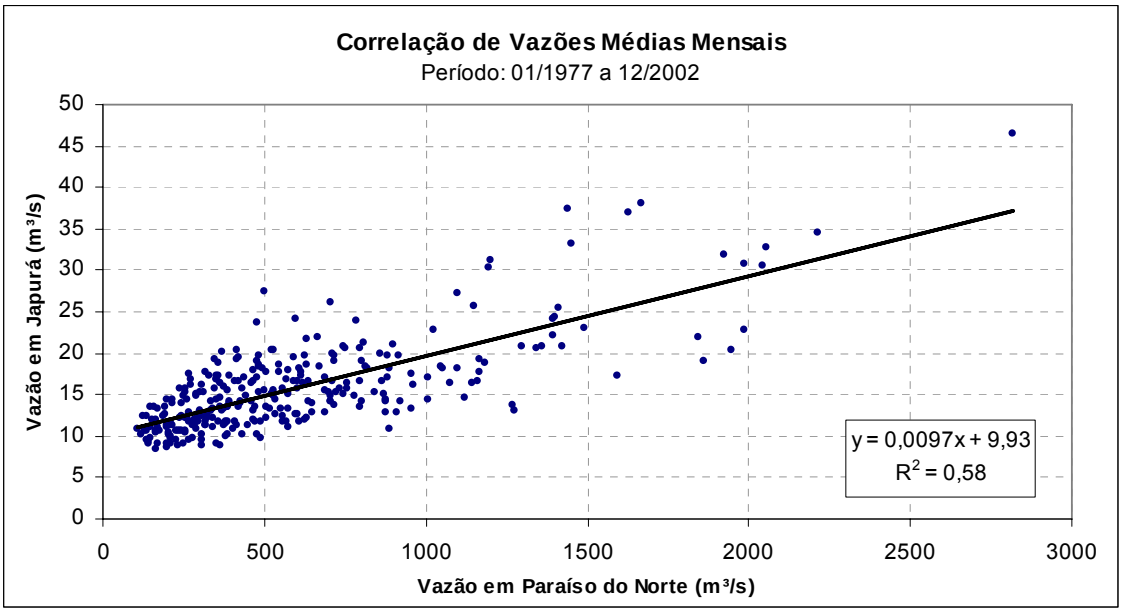


FIGURA 5.7. Correlação de Vazões Médias Mensais Entre os Municípios Japurá/PR e Paraíso do Norte/PR.

Para que a correlação múltipla pudesse ser estabelecida era necessário terem-se séries completas, com o mesmo numero de observações. Desta forma, os postos, Porto Bananeiras e Jussara foram completados através das correlações mostradas nas Figuras 5.8, 5.9 e 5.10, a seguir.

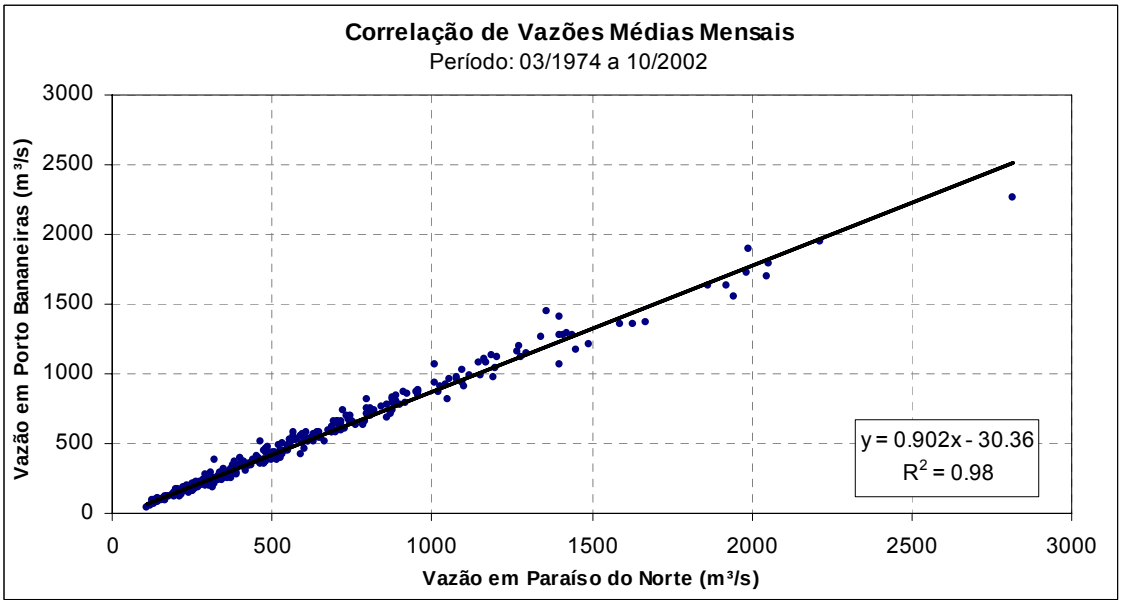


FIGURA 5.8. Correlação de Vazões Médias Mensais Entre os Municípios Porto Bananeiras/PR e Paraíso do Norte/PR.

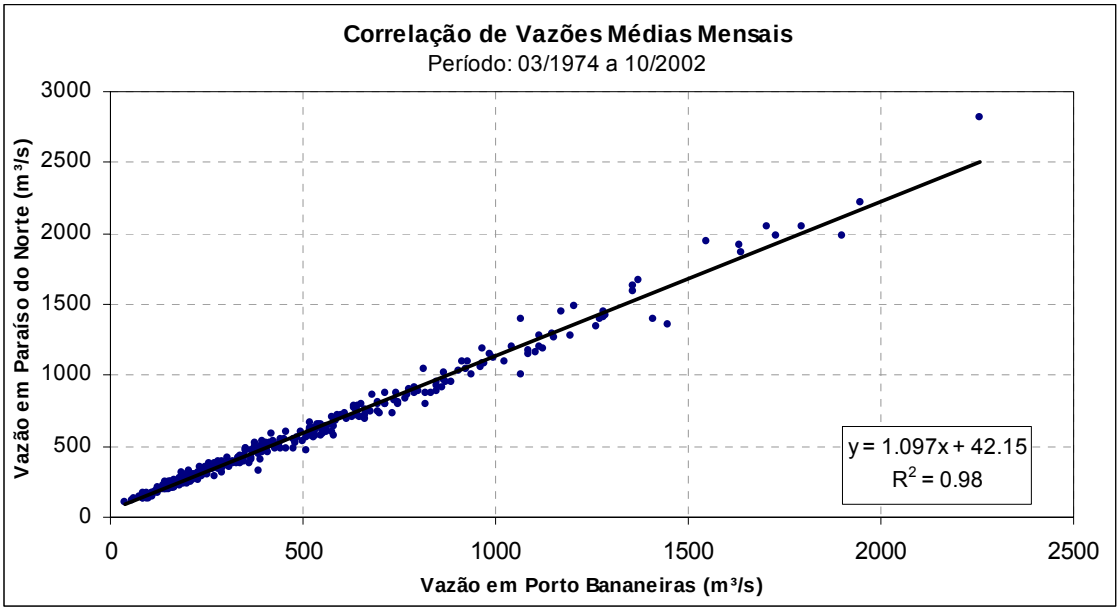


FIGURA 5.9. Correlação de Vazões Médias Mensais Entre os Municípios de Paraíso do Norte/PR e Porto Bananeiras/PR.

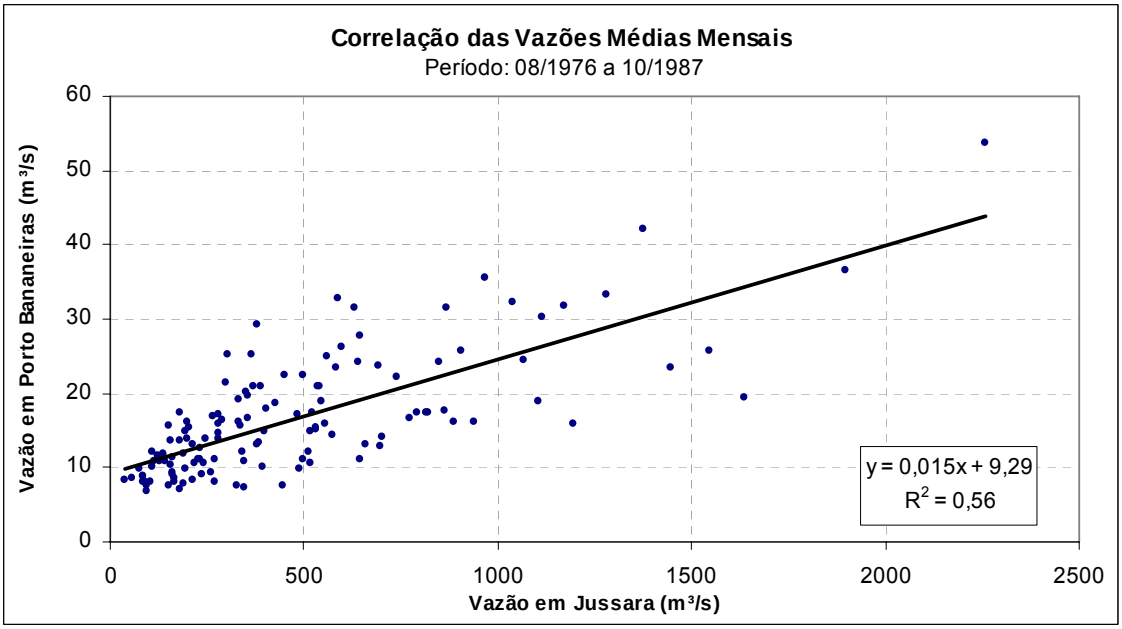


FIGURA 5.10. Correlação de Vazões Médias Mensais Entre os Municípios de Porto Bananeiras/PR e Jussara.

Numa terceira tentativa de extensão e preenchimento da série de vazões médias mensais da estação base, foi utilizou-se o raciocínio de que toda a vazão presente na estação Paraíso do Norte deve ser proveniente do rio dos Índios, somada com o rio Ligeiro, o próprio

Ívai e a área incremental entre estas estações. Calcularam-se, então, os coeficientes de porcentagem médios. De acordo com esta metodologia, pode-se dizer que, em média, 3,71 % da vazão observada no rio Ívai, em Paraíso do Norte, provém da estação Japurá, 3,41 % provém da estação Jussara e 80,16 % da estação Porto Bananeiras.

Na quarta metodologia utilizada, a extensão e preenchimento da série da estação base foi realizada através da seguinte equação:

$$Q_{Japurá} = \frac{Q_{MLTParaísodoNorte}}{Q_{MLTJapurá}} * Q_{ParaísodoNorte}$$

Onde Q_{MLT} representa a vazão média mensal de longo termo nos postos em questão.

Na Figura 5.11, foram plotadas as quatro séries obtidas através das metodologias acima descritas e a série das vazões médias mensais, efetivamente observadas no rio dos Índios. Na Figura 5.12 apresenta-se o mesmo gráfico, com destaque para a parte onde acontece a transição entre a extensão e a série original do posto em questão.

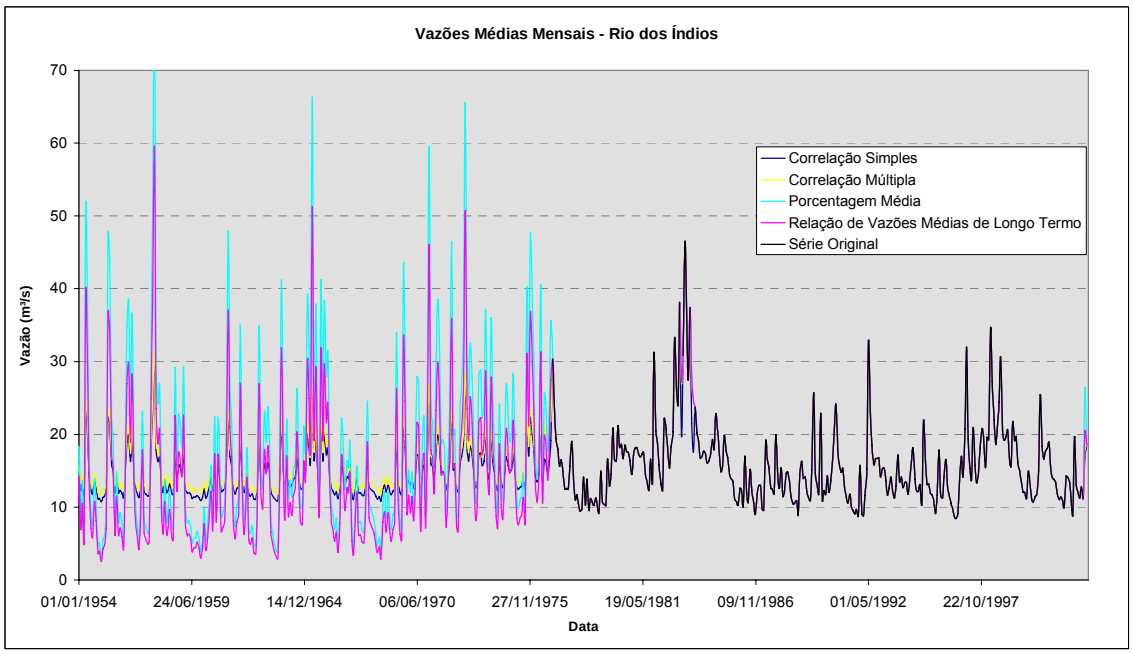


FIGURA 5.11. Vazões Médias Mensais – Rio dos Índios.

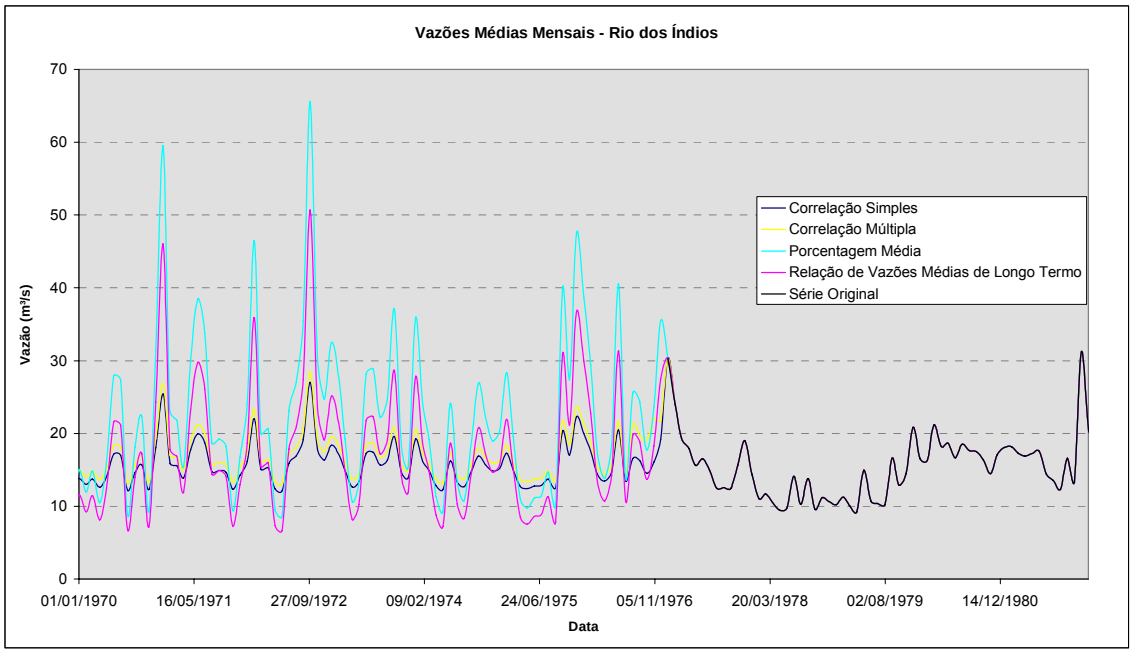


FIGURA 5.12. Vazões Médias Mensais – Rios dos Índios.

Através da análise das Figuras apresentadas, pode-se constatar que nenhuma das quatro metodologias descritas foi satisfatória para preenchimento e extensão da série. Nas séries obtidas pela 1ª e 2ª metodologias (correlação simples e múltipla) os picos de vazão encontram-se subestimados em relação aos da série original, enquanto superestimam-se as vazões mínimas; e nas séries obtidas pela 3ª e 4ª metodologias (porcentagem média e relação das vazões médias de longo termo) ocorre justamente o contrário: superestimação dos picos e subestimação das mínimas.

Considerando os resultados obtidos verificou-se a necessidade de se encontrar coeficientes de ponderação para máximas e mínimas. Notou-se que, em termos de proporção, em períodos de enchentes, a quantidade de vazão observada em Paraíso do Norte (Ivaí) tinha uma correspondência menor com a quantidade de água observada em Japurá (Índios), e, em contrapartida, em períodos secos Japurá representava uma parcela maior. Estabeleceram-se, então, coeficientes de proporcionalidade para transferência da série de vazões de Paraíso do Norte para Japurá, que podem ser vistos na Tabela 5.5.

TABELA 5.5. Coeficientes de Ponderação.

Vazão em Paraíso do Norte (m³/s)	Porcentagem Média de Vazão Representada por Japurá (%)
Q ≤ 200	7,5
200 < Q ≤ 500	4,3
500 < Q ≤ 800	2,6
Q > 800	1,7

Assim, foi estabelecida a quinta metodologia (coeficientes de ponderação) e por ela realizada a extensão da série de vazões médias mensais (a partir da série de Paraíso do Norte) da estação base, compreendendo o período de Jan/1953 a Dez/2002, totalizando 50 anos consecutivos de dados. O preenchimento das falhas foi feito utilizando a correlação com a estação de Jussara, no rio Ligeiro (Figura 5.13). A série obtida pode ser vista na Figura 5.14, e no Quadro 5.1.

Transferência das Vazões Médias Mensais ao Local do Barramento

Para a transferência de vazões ao local do aproveitamento, adotou-se o critério direto de relação de áreas de drenagem, quais sejam:

- PCH Rio dos Índios (km 28,3) Ad = 772 km²
- Estação Japurá Ad = 807 km²

Ressalta-se que as áreas de drenagem foram obtidas através de métodos planimétricos, a partir da cartografia disponível em escala 1:50.000.

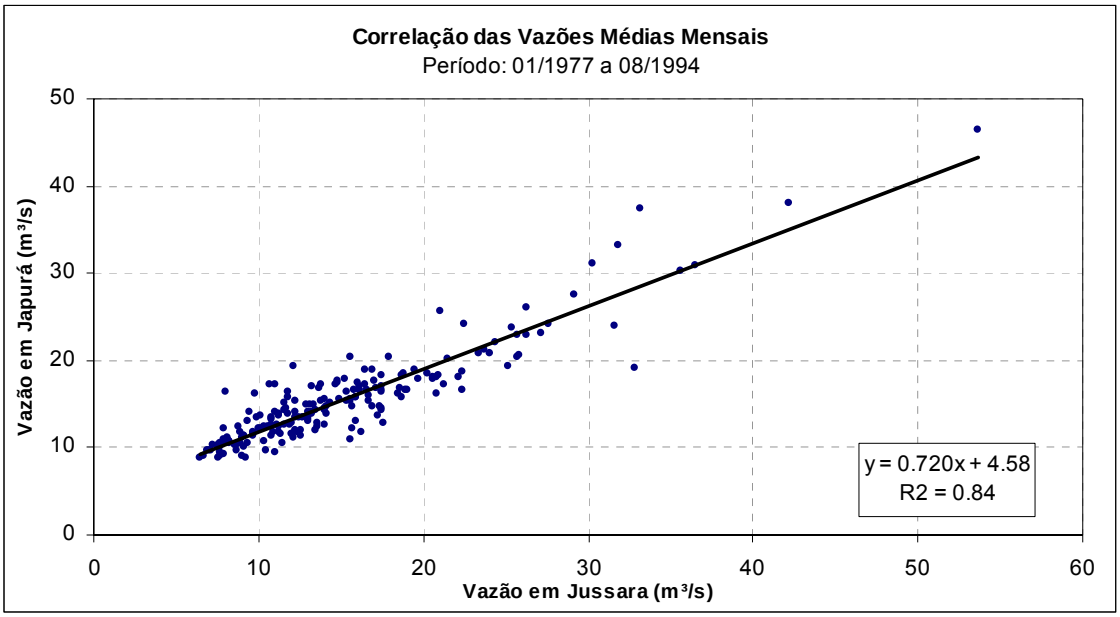


FIGURA 5.13. Correlação das Vazões Médias Mensais Entre Japurá/PR e Jussara/PR.

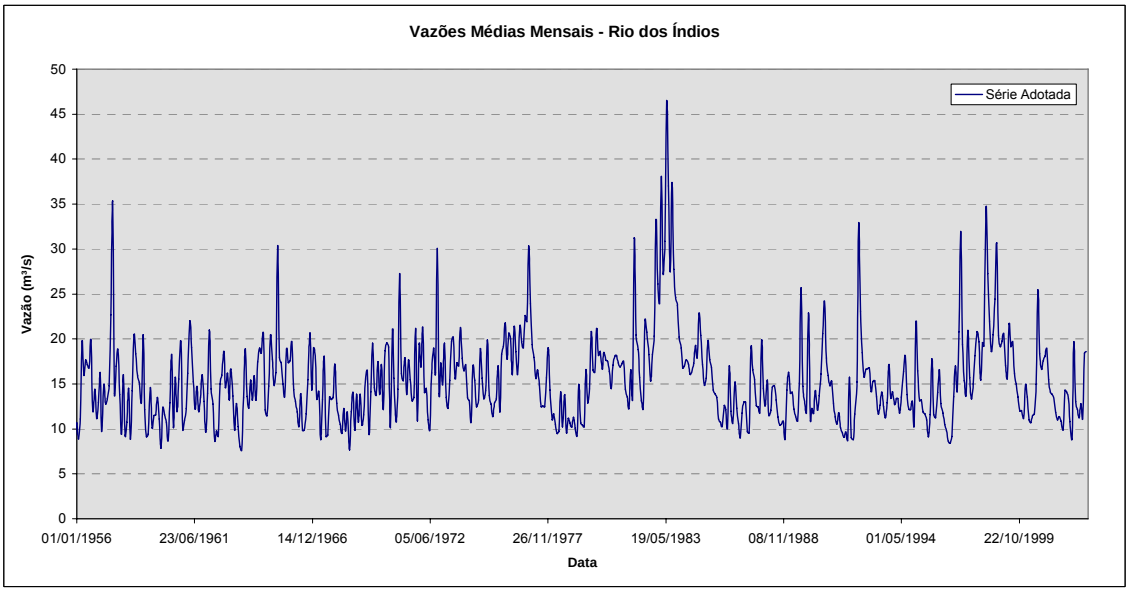


FIGURA 5.14. Vazões Médias Mensais – Rio dos Índios.

CMB Consultoria Ltda
Mineração e Meio Ambiente

QUADRO 5.1. Resumo de Descargas Médias Mensais (m^3/s).

Estação Japurá Área de Drenagem: 807 km²
Rio dos Índios

ANO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Máxima	Mínima
1953	16,23	15,79	14,80	11,82	15,37	11,71	10,51	7,42	14,60	19,62	18,47	14,59	14,24	19,62	7,42
1954	21,19	10,35	15,75	13,99	23,22	17,95	21,24	10,59	8,69	16,10	12,19	9,60	15,07	23,22	8,69
1955	10,32	6,54	11,16	12,52	10,64	21,77	20,24	15,84	14,13	9,22	17,27	9,22	13,24	21,77	6,54
1956	10,69	8,87	11,10	19,75	15,98	17,65	17,14	16,77	19,84	12,05	14,42	11,17	14,62	19,84	8,87
1957	12,93	16,21	9,73	14,93	12,79	13,37	14,80	22,68	35,19	13,96	16,95	18,77	16,86	35,19	9,73
1958	13,81	9,44	16,02	9,33	10,73	14,53	8,82	14,25	20,42	18,34	15,89	15,15	13,89	20,42	8,82
1959	13,01	20,47	12,16	9,10	9,45	14,61	10,12	11,49	11,57	13,48	11,11	7,85	12,04	20,47	7,85
1960	12,34	11,61	10,70	8,69	12,91	18,26	10,19	15,74	11,91	15,55	19,65	9,96	13,13	19,65	8,69
1961	10,93	12,29	16,17	21,98	19,04	15,22	12,18	14,72	11,90	13,53	16,01	13,05	14,75	21,98	10,93
1962	9,61	13,99	20,99	14,44	12,75	8,67	9,80	9,21	14,98	15,99	18,62	14,60	13,64	20,99	8,67
1963	16,16	13,23	16,71	13,64	9,83	12,81	10,27	8,03	7,62	13,44	18,90	13,61	12,86	18,90	7,62
1964	12,33	15,45	13,19	15,88	13,20	17,43	18,99	18,43	20,52	12,10	11,43	14,76	15,31	20,52	11,43
1965	20,40	17,77	14,79	16,27	30,40	17,91	17,37	14,98	13,64	18,85	17,36	17,59	18,11	30,40	13,64
1966	19,65	14,36	13,05	11,87	10,27	13,94	9,83	9,85	11,70	15,46	20,69	14,34	13,75	20,69	9,83
1967	18,97	17,93	13,30	14,13	8,80	13,24	18,05	9,17	9,33	13,52	13,26	13,51	13,60	18,97	8,80
1968	17,21	12,86	11,51	10,48	9,50	12,26	9,73	11,87	7,65	11,92	14,03	9,82	11,57	17,21	7,65
1969	13,86	10,73	13,87	10,40	11,58	15,55	16,42	9,39	14,15	19,54	14,56	13,74	13,65	19,54	9,39
1970	17,47	13,83	17,18	12,16	18,71	19,58	19,12	10,13	21,01	15,61	10,74	14,40	15,83	21,01	10,13
1971	27,28	16,14	15,34	17,91	13,81	17,65	15,48	13,09	13,50	21,13	10,90	19,40	16,80	27,28	10,90
1972	16,89	21,32	14,05	14,51	11,02	9,95	16,20	18,99	16,26	30,06	13,94	17,33	16,71	30,06	9,95
1973	14,90	19,52	13,49	12,27	15,38	19,74	20,22	15,61	17,35	17,02	21,26	17,84	17,05	21,26	12,27
1974	16,46	17,08	13,44	13,14	10,79	16,91	15,43	12,48	13,21	18,88	15,65	13,32	14,73	18,88	10,79
1975	14,26	19,90	13,70	12,74	11,36	12,89	13,32	17,01	11,88	18,33	19,18	21,76	15,53	21,76	11,36
1976	17,75	20,63	20,00	16,01	21,40	18,58	16,11	21,44	19,71	19,07	22,60	21,99	19,61	22,60	16,01
1977	30,33	23,93	19,38	17,96	15,63	16,53	14,89	12,48	12,56	12,47	15,66	19,01	17,57	30,33	12,47
1978	14,32	11,06	11,68	10,51	9,49	9,74	14,14	10,24	13,80	9,59	11,18	10,65	11,37	14,32	9,49
1979	10,20	11,27	10,04	9,22	14,94	10,68	10,41	10,22	16,59	12,89	14,45	20,85	12,65	20,85	9,22
1980	16,55	16,28	21,16	18,19	18,62	16,62	18,53	17,63	17,53	16,38	14,48	17,09	17,42	21,16	14,48
1981	18,09	18,17	17,31	16,90	17,26	17,54	14,41	13,55	12,33	16,59	13,44	31,18	17,23	31,18	12,33
1982	20,45	18,81	15,76	13,17	12,29	22,06	20,75	18,29	15,32	18,29	20,33	33,23	19,06	33,23	12,29
1983	26,13	24,16	38,09	27,27	30,85	46,45	37,01	27,47	37,40	27,73	24,61	23,74	30,91	46,45	23,74
1984	20,20	18,99	16,76	17,00	17,68	17,20	16,08	16,43	17,28	19,29	17,95	22,83	18,14	22,83	16,08
1985	20,42	17,15	14,85	15,64	19,80	17,70	16,82	14,33	13,89	13,49	11,11	10,74	15,49	20,42	10,74
1986	10,26	12,58	12,16	10,14	17,00	11,96	10,65	15,18	12,32	10,59	8,99	11,78	11,97	17,00	8,99
1987	12,97	13,00	9,67	9,55	18,99	16,59	15,51	12,60	12,47	11,81	19,91	14,53	13,97	19,91	9,55
1988	12,55	15,45	11,53	12,06	14,64	14,80	13,22	11,31	10,43	10,55	10,86	8,89	12,19	15,45	8,89
1989	14,32	16,30	13,96	14,10	12,18	11,38	10,90	15,07	25,70	14,72	12,99	11,83	14,46	25,70	10,90
1990	22,89	10,92	12,26	11,72	14,30	12,06	13,71	16,12	20,62	24,18	17,89	15,93	16,05	24,18	10,92
1991	14,79	15,33	12,88	11,33	10,55	11,79	10,13	9,56	9,08	9,68	8,76	15,73	11,63	15,73	8,76
1992	9,03	8,80	11,62	15,24	32,82	23,08	18,46	15,80	16,63	16,68	16,76	14,18	16,59	32,82	8,80
1993	15,26	15,36	13,58	11,65	12,64	14,11	12,48	11,26	12,92	17,16	13,46	14,12	13,66	17,16	11,26
1994	12,69	13,37	13,39	11,78	13,53	16,36	18,11	13,83	12,21	12,15	13,08	10,46	13,41	18,11	10,46
1995	21,84	16,44	13,13	13,22	11,89	11,70	11,02	9,12	11,61	17,80	11,62	11,24	13,39	21,84	9,12
1996	14,06	16,57	12,83	11,75	10,51	9,78	8,61	8,41	9,14	13,56	17,01	14,16	12,20	17,01	8,41
1997	20,78	31,96	19,40	15,35	13,83	20,94	15,72	13,32	14,99	18,16	20,80	19,68	18,74	31,96	13,32
1998	15,41	19,61	19,23	34,56	27,26	21,98	18,64	20,49	24,42	30,63	20,38	19,14	22,65	34,56	15,41
1999	19,76	20,58	17,05	15,66	21,66	19,13	19,70	16,14	14,94	13,55	12,02	12,03	16,85	21,66	12,02
2000	11,20	14,91	13,53	11,03	10,69	11,47	11,69	14,96	25,42	18,34	16,59	17,60	14,79	25,42	10,69
2001	18,10	18,91	15,50	14,09	13,83	13,36	11,83	11,02	11,38	10,86	9,95	14,27	13,59	18,91	9,95
2002	14,08	13,33	10,82	8,96	19,65	13,07	12,14	11,26	12,78	11,19	18,44	18,57	13,69	19,65	8,96
Características do Período															
Mínima	9,03	6,54	9,67	8,69	8,80	8,67	8,61	7,42	7,62	9,22	8,76	7,85	Q_{MLT} (m^3/s)		Esp. ($l/s.km^2$)
Máxima	30,33	31,96	38,09	34,56	32,82	46,45	37,01	27,47	37,40	30,63	24,61	33,23			
Média	16,23	15,79	14,80	14,12	15,43	16,01	14,94	13,91	15,49	16,02	15,56	15,62	**15,33**		**18,99**

Obs: Os valores em destaque foram completados.

O Quadro 5.2, apresenta a série de descargas médias mensais, válida para o período de jan/1953 a dez/2002 para a PCH em estudo.

QUADRO 5.2. Resumo de Descargas Médias Mensais (m^3/s).

PCH Rio dos Índios Área de Drenagem: 772 km² Período crítico: jan/53 a nov/56
Rio dos Índios $Q_R(m^3/s)$: 13,74

ANO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Máxima	Mínima
1953	15,53	15,11	14,16	11,31	14,70	11,20	10,06	7,10	13,97	18,77	17,67	13,96	13,63	18,77	7,10
1954	20,27	9,90	15,07	13,38	22,21	17,17	20,32	10,13	8,31	15,41	11,66	9,18	14,42	22,21	8,31
1955	9,87	6,26	10,68	11,97	10,18	20,82	19,37	15,15	13,52	8,82	16,52	8,82	12,67	20,82	6,26
1956	10,22	8,48	10,62	18,89	15,29	16,89	16,40	16,05	18,98	11,53	13,79	10,68	13,98	18,98	8,48
1957	12,37	15,51	9,30	14,29	12,23	12,79	14,15	21,69	33,66	13,35	16,22	17,96	16,13	33,66	9,30
1958	13,21	9,03	15,32	8,92	10,26	13,90	8,44	13,64	19,54	17,55	15,20	14,49	13,29	19,54	8,44
1959	12,45	19,58	11,64	8,70	9,04	13,98	9,68	10,99	11,06	12,90	10,63	7,50	11,51	19,58	7,50
1960	11,80	11,11	10,23	8,31	12,35	17,47	9,75	15,06	11,39	14,88	18,80	9,53	12,56	18,80	8,31
1961	10,45	11,76	15,47	21,03	18,22	14,56	11,65	14,09	11,39	12,94	15,31	12,49	14,11	21,03	10,45
1962	9,19	13,38	20,08	13,82	12,19	8,30	9,37	8,81	14,33	15,29	17,81	13,97	13,05	20,08	8,30
1963	15,46	12,66	15,98	13,05	9,40	12,25	9,83	7,69	7,29	12,86	18,08	13,02	12,30	18,08	7,29
1964	11,79	14,78	12,62	15,20	12,63	16,67	18,17	17,63	19,63	11,57	10,94	14,12	14,65	19,63	10,94
1965	19,52	17,00	14,15	15,56	29,08	17,13	16,61	14,33	13,04	18,03	16,60	16,83	17,32	29,08	13,04
1966	18,80	13,73	12,48	11,36	9,83	13,34	9,40	9,42	11,19	14,79	19,79	13,72	13,15	19,79	9,40
1967	18,14	17,15	12,72	13,51	8,42	12,67	17,27	8,78	8,92	12,94	12,69	12,92	13,01	18,14	8,42
1968	16,46	12,30	11,01	10,03	9,08	11,73	9,31	11,35	7,32	11,41	13,42	9,39	11,07	16,46	7,32
1969	13,25	10,26	13,26	9,95	11,08	14,88	15,71	8,98	13,53	18,69	13,93	13,15	13,06	18,69	8,98
1970	16,71	13,23	16,43	11,63	17,90	18,73	18,29	9,69	20,10	14,94	10,27	13,78	15,14	20,10	9,69
1971	26,09	15,44	14,67	17,14	13,21	16,89	14,81	12,52	12,91	20,22	10,42	18,56	16,07	26,09	10,42
1972	16,16	20,39	13,44	13,88	10,55	9,52	15,50	18,17	15,55	28,76	13,34	16,58	15,99	28,76	9,52
1973	14,25	18,67	12,90	11,74	14,72	18,89	19,34	14,93	16,60	16,28	20,34	17,06	16,31	20,34	11,74
1974	15,74	16,34	12,86	12,57	10,32	16,18	14,76	11,94	12,64	18,07	14,97	12,74	14,09	18,07	10,32
1975	13,64	19,04	13,11	12,19	10,86	12,33	12,74	16,28	11,36	17,53	18,35	20,82	14,85	20,82	10,86
1976	16,98	19,74	19,13	15,31	20,47	17,78	15,41	20,51	18,86	18,25	21,62	21,03	18,76	21,62	15,31
1977	29,01	22,90	18,54	17,18	14,96	15,81	14,24	11,94	12,02	11,93	14,98	18,19	16,81	29,01	11,93
1978	13,70	10,58	11,18	10,05	9,08	9,31	13,53	9,80	13,20	9,17	10,69	10,19	10,87	13,70	9,08
1979	9,75	10,78	9,61	8,82	14,29	10,22	9,95	9,77	15,87	12,33	13,82	19,94	12,10	19,94	8,82
1980	15,83	15,57	20,24	17,40	17,81	15,90	17,72	16,87	16,77	15,67	13,85	16,35	16,67	20,24	13,85
1981	17,31	17,38	16,56	16,16	16,51	16,78	13,79	12,96	11,79	15,87	12,86	29,83	16,48	29,83	11,79
1982	19,56	18,00	15,07	12,59	11,76	21,10	19,85	17,49	14,66	17,50	19,45	31,79	18,23	31,79	11,76
1983	24,99	23,11	36,44	26,09	29,51	44,44	35,41	26,28	35,78	26,53	23,54	22,71	29,57	44,44	22,71
1984	19,32	18,17	16,03	16,26	16,92	16,45	15,38	15,71	16,53	18,46	17,17	21,84	17,35	21,84	15,38
1985	19,53	16,40	14,21	14,96	18,95	16,93	16,09	13,71	13,29	12,90	10,62	10,27	14,82	19,53	10,27
1986	9,81	12,03	11,63	9,70	16,27	11,44	10,19	14,52	11,79	10,14	8,60	11,27	11,45	16,27	8,60
1987	12,41	12,43	9,25	9,13	18,17	15,87	14,83	12,05	11,93	11,30	19,04	13,90	13,36	19,04	9,13
1988	12,01	14,78	11,03	11,54	14,01	14,16	12,65	10,82	9,97	10,09	10,39	8,50	11,66	14,78	8,50
1989	13,70	15,60	13,36	13,49	11,66	10,89	10,43	14,42	24,59	14,08	12,43	11,32	13,83	24,59	10,43
1990	21,90	10,44	11,73	11,22	13,68	11,53	13,11	15,42	19,72	23,13	17,12	15,24	15,35	23,13	10,44
1991	14,14	14,66	12,32	10,84	10,09	11,28	9,69	9,15	8,69	9,26	8,38	15,05	11,13	15,05	8,38
1992	8,64	8,42	11,12	14,58	31,40	22,08	17,66	15,12	15,91	15,95	16,03	13,56	15,87	31,40	8,42
1993	14,60	14,69	12,99	11,14	12,09	13,49	11,94	10,77	12,36	16,41	12,87	13,50	13,07	16,41	10,77
1994	12,14	12,79	12,81	11,27	12,94	15,65	17,32	13,23	11,68	11,62	12,51	10,00	12,83	17,32	10,00
1995	20,90	15,72	12,56	12,65	11,38	11,19	10,54	8,72	11,11	17,03	11,11	10,75	12,80	20,90	8,72
1996	13,45	15,85	12,28	11,24	10,06	9,35	8,23	8,05	8,74	12,97	16,27	13,55	11,67	16,27	8,05
1997	19,88	30,57	18,56	14,68	13,23	20,03	15,04	12,74	14,34	17,37	19,90	18,82	17,93	30,57	12,74
1998	14,75	18,76	18,40	33,06	26,08	21,03	17,84	19,60	23,36	29,30	19,50	18,31	21,67	33,06	14,75
1999	18,90	19,69	16,31	14,98	20,72	18,30	18,85	15,44	14,30	12,96	11,49	11,51	16,12	20,72	11,49
2000	10,72	14,26	12,95	10,55	10,23	10,98	11,18	14,31	24,32	17,54	15,87	16,84	14,15	24,32	10,23
2001	17,31	18,09	14,83	13,48	13,23	12,78	11,31	10,54	10,89	10,39	9,52	13,65	13,00	18,09	9,52
2002	13,47	12,75	10,36	8,57	18,80	12,50	11,61	10,77	12,22	10,70	17,64	17,77	13,10	18,80	8,57
Características do Período															
Mínima	8,64	6,26	9,25	8,31	8,42	8,30	8,23	7,10	7,29	8,82	8,38	7,50	Q_{MLT} (m^3/s)		Esp. ($l/s.km^2$)
Máxima	29,01	30,57	36,44	33,06	31,40	44,44	35,41	26,28	35,78	29,30	23,54	31,79			
Média	15,52	15,11	14,15	13,51	14,76	15,31	14,29	13,30	14,82	15,33	14,88	14,94	**14,66**		**18,99**

As Figuras 5.15 e 5.16 apresentam as curvas de permanência de vazões, referentes ao período completo e crítico de vazões.

A partir da análise dos dados apresentados nas referidas figuras e quadro, pode-se destacar os valores característicos (médios mensais) constantes na Tabela 5.6.

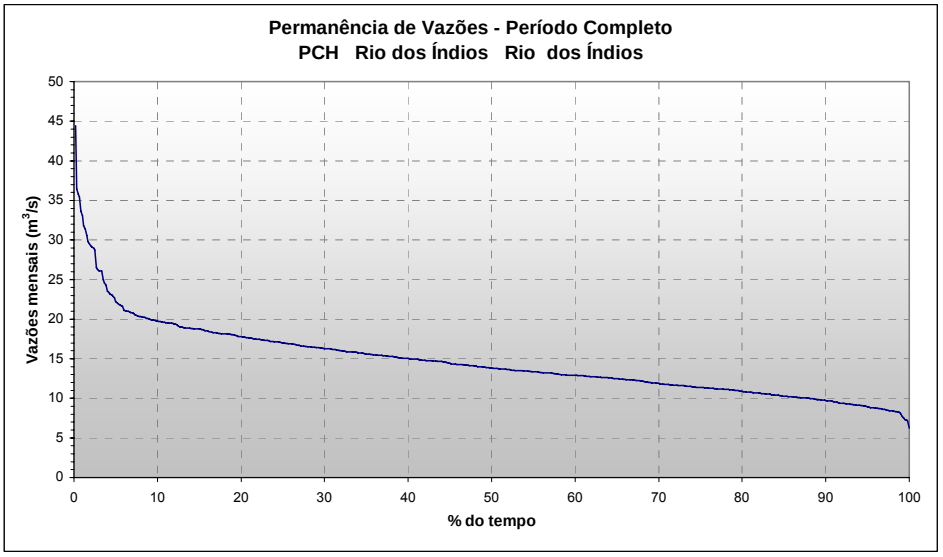


Tabela de Permanência de Vazões Período Completo

% tempo	Q (m³/s)
5	22,08
10	19,72
15	18,73
20	17,78
25	16,98
30	16,28
35	15,57
40	14,98
45	14,34
50	13,82
55	13,35
60	12,90
65	12,48
70	11,80
75	11,36
80	10,86
85	10,26
90	9,70
95	8,92
100	6,26

Qmlt (m³/s)
14,66

FIGURA 5.15. Permanência de Vazões – Período Completo.

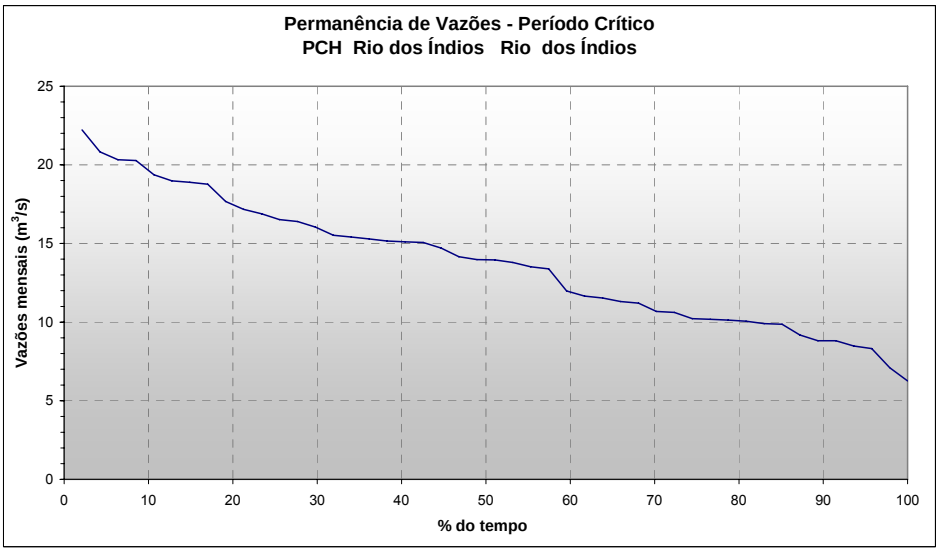


Tabela de Permanência de Vazões Período Crítico

% tempo	Q (m³/s)
5	20,32
10	19,37
15	18,77
20	17,17
25	16,52
30	15,53
35	15,29
40	15,11
45	14,16
50	13,96
55	13,52
60	11,66
65	11,31
70	10,68
75	10,18
80	10,06
85	9,87
90	8,82
95	8,31
100	6,26

Qmlt-crít. (m³/s)
13,74

FIGURA 5.16. Permanência de Vazões – Período Crítico.

TABELA 5.6. Vazões Características Referentes à Série de Vazões Médias Mensais.

Vazão (m³/s)	PCH Rio dos Índios
Máxima	44,44
Média de Longo Termo	14,66
Média Período Crítico	13,74
Mínima	6,26
95% de Permanência (P. Completo)	8,92
95% de Permanência (P. Crítico)	8,31
Específica (l/s.km²)	18,99

Estudo de Vazões Máximas

O dimensionamento hidráulico das estruturas de desvio do rio e do extravasor está associado à estimativa de vazões máximas. Os valores das vazões de cheia, para dimensionamento das estruturas hidráulicas, estão associados a tempos de recorrência que são estabelecidos em função de riscos, porte da obra, sua localização e cronograma de construção.

Os estudos de vazões extremas para o local do empreendimento podem ser elaborados com base em enfoques estatísticos, analíticos ou hidrometeorológicos, em função da disponibilidade de dados na bacia da região de interesse. Estas considerações estão de acordo com instruções da ELETROBRÁS, para estudos de aproveitamentos hidrelétricos.

Para que a amostra seja representativa da população a ser estimada (valores extremos em função de períodos de recorrência), é necessário utilizar séries com dez ou mais eventos de valores anuais máximos ou mais. As séries de vazões máximas da estação considerada para este estudo satisfazem esta condição, constituindo-se, portanto, em amostra satisfatória para a realização dos estudos de valores extremos, utilizando distribuições de probabilidade.

Considerando o exposto, a série de vazões médias diárias máximas da estação Japurá, para estimativa das vazões extremas, foi extraída para o período ao nível anual, para subsidiar o dimensionamento das estruturas do vertedouro, conforme apresentado na Tabela 5.7. Nestes estudos foi utilizado o ano civil, uma vez que as vazões não se distribuem no tempo

de forma sazonal, ou seja, não existe período seco e chuvoso bem definido na região considerada, tal como apresentado no item referente à caracterização climática da bacia.

TABELA 5.7. Série de Vazões Máximas Médias Diárias.

Estação Japurá – Rio dos Índios			
Período Completo – Ano Civil			
Data	**Vazões (m³/s)**	**Data**	**Vazões (m³/s)**
19/01/1977	49,50	12/01/1990	75,70
725/07/1978	26,16	18/12/1991	33,38
19/12/1979	60,31	03/05/1992	85,94
28/02/1980	35,04	04/10/1993	34,23
09/12/1981	55,28	24/05/1994	35,95
21/12/1982	56,29	20/10/1995	38,55
04/03/1983	75,11	25/01/1996	32,96
13/12/1984	30,50	20/02/1997	58,12
25/05/1985	46,36	25/04/1998	61,69
18/12/1986	29,60	09/05/1999	48,26
14/11/1987	42,60	16/09/2000	51,62
07/02/1988	19,74	05/02/2001	29,21
10/09/1989	88,26	25/01/2002	49,70

A série de vazões máximas foi submetida ao ajuste das distribuições de probabilidade estatística utilizando programas de análise de freqüência, tais como “Qmáximas” da ELETROBRÁS e o “SEAF” da Universidade Federal de Minas Gerais, além da utilização de testes não paramétricos e de ajuste visual e matemático, para validação da escolha. A distribuição Gumbel foi a que melhor se ajustou à série tal como pode ser visto na Figura 5.17.

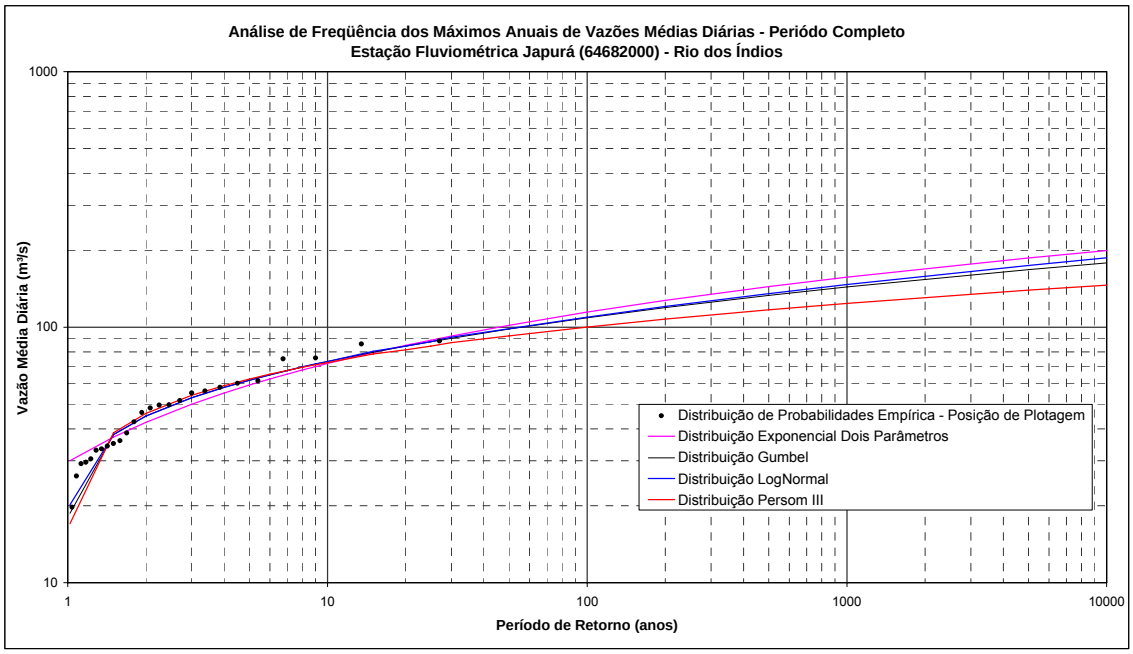


FIGURA 5.17. Análise de Frequência dos Máximos Anuais de Vazões Médias Diárias – Período Completo.

Tendo em vista os resultados obtidos para as máximas da estação Japurá (Ad = 807 km²) para a série anual, apresentados na Tabela 5.8, efetuou-se a transferência para o local do aproveitamento utilizando relação direta de área de drenagem, conforme se apresenta na Tabela 5.9.

TABELA 5.8. Vazões Máximas Para a Estação Japurá – Período Completo – Ano Civil.

Tempo de Retorno (anos)	Vazões Médias Máximas (m³/s)	Vazões Instantâneas (m³/s)
5	62	84
10	73	100
25	88	119
50	98	133
100	109	148
500	133	181
1.000	144	195
10.000	178	242

TABELA 5.9. Vazões Máximas Médias Para a PCH Rio dos Índios (período completo).

Tempo de Retorno (anos)	Vazões Médias Máximas (m³/s)	Vazões Instantâneas (m³/s)*
5	59	81
10	70	96
25	84	114
50	94	128
100	104	142
500	127	174
1.000	137	187
10.000	171	232

*Obtidas por meio da fórmula de Füller

Vazões Mínimas

Com o intuito de fornecer informações para a definição da vazão residual ou ecológica a ser mantida a jusante do empreendimento, em atendimento à legislação ambiental, é necessária a análise das vazões mínimas.

Vazão Mínima Mensal

A vazão residual é estabelecida como 80%* da vazão mínima média mensal para um período de no mínimo 10 anos de observação, de acordo com normas do antigo DNAEE para apresentação de projetos de aproveitamentos hidrelétricos. O valor mínimo de vazão média mensal da série histórica analisada (1953/2002) para o aproveitamento hidrelétrico considerado e os respectivos valores de vazão residual é apresentado na Tabela 5.10.

TABELA 5.10. Vazão Média Mensal Mínima e Vazão Residual.

Aproveitamento	Vazões Mínimas (m³/s)	
	Média Mensal	Residual
Rio dos Índios	6,26	5,01

*Obs: Este valor poderá, dependendo de recentes determinações a serem normatizadas pela ANEEL, sofrer modificação, segundo novos critérios atualmente em análise entre os órgãos regularizadores federais/estaduais.

Vazão Mínima Diária Anual e Vazão Mínima com Sete Dias de Duração e Dez Anos de Recorrência (Q7,10)

Foram elaborados, também, os estudos de freqüência de vazões mínimas diárias e mínimas com sete dias de duração e dez anos de recorrência, para a estação base do rio dos Índios, utilizando a metodologia preconizada pela Eletrobrás. As distribuições utilizadas nessa metodologia foram as de Gumbel e Weibull.

Tanto na análise das vazões mínimas diárias anuais, como na análise das vazões mínimas anuais com sete dias de duração, o melhor ajuste obtido foi através da Distribuição de Weibull, tal como demonstram as Figuras 5.18 e 5.19. As vazões mínimas diárias anuais e as vazões mínimas com sete dias de duração e dez anos de recorrência para a estação base do rio dos Índios encontram-se na Tabela 5.11.

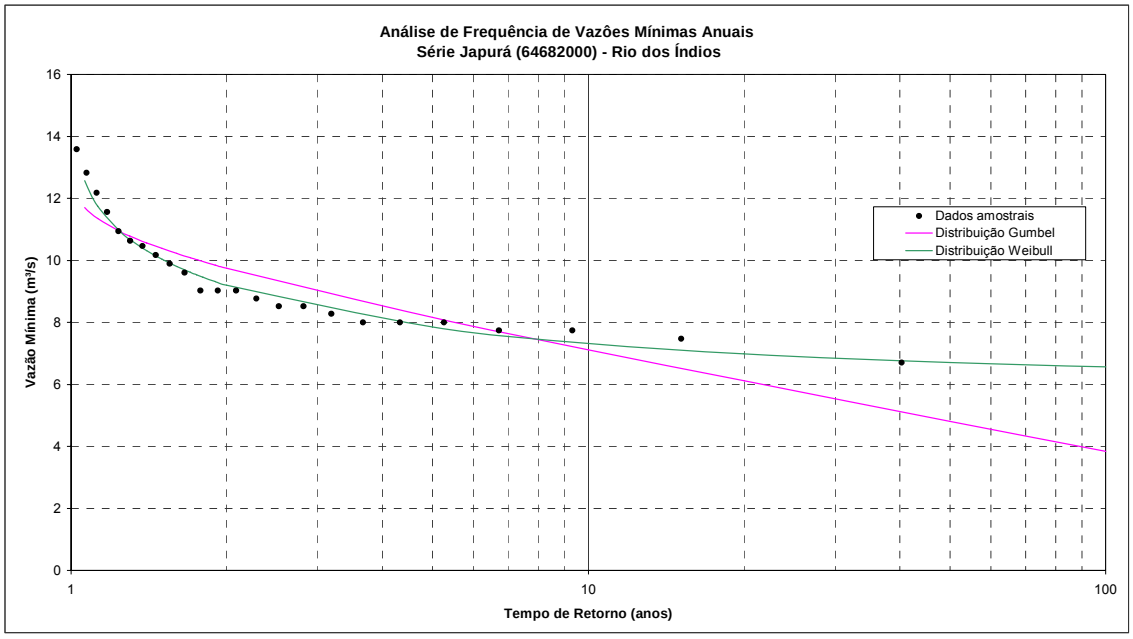


FIGURA 5.18. Análise de Frequencia de Vazões Mínimas Anuais.

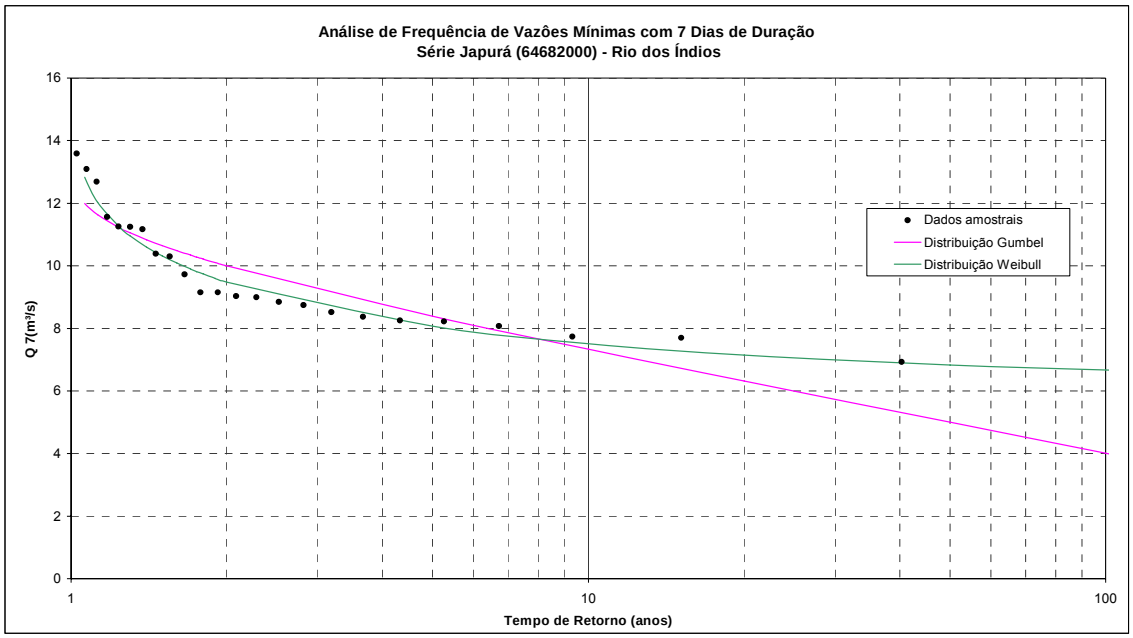


FIGURA 5.19. Análise de Frequencia de Vazões Mínimos com 7 Dias de Duração.

TABELA 5.11. Vazões Mínimas Diárias Anuais e Vazões Mínimas com Sete Dias de Duração e Dez Anos de Recorrência (Q7,10).

Estação Japurá		
Tempo de Retorno (anos)	**Vazão Mínima (m³/s)**	**$Q_{7,10}$ (m³/s)**
2	9,2	9,5
5	7,9	8,1
10	**7,3**	**7,5**
25	7,0	7,1
50	6,7	6,8
100	6,6	6,7

De posse dos resultados do estudo de freqüência utilizou-se a relação direta de áreas de drenagem para transferência das mínimas ao local do aproveitamento. Na Tabela 5.12 são apresentados o valor da vazão mínima diária anual e o da vazão mínima com sete dias de duração e dez anos de recorrência para o aproveitamento em questão.

Pela legislação ambiental do estado do Paraná a vazão residual a jusante de cada empreendimento deve ser igual a 50% da vazão mínima com sete dias de duração e dez anos de período de recorrência. A vazão residual à jusante do empreendimento, considerando o exposto, é também apresentada na Tabela 5.12.

TABELA 5.12. Vazão Mínima Diária Anual (QMIN), Mínima Diária com Sete Dias de Duração e Dez Anos de Recorrência (Q7,10) e Vazão Residual (QR = 50%.Q7,10).

Aproveitamento	Q_{MIN} (m³/s)	$Q_{7,10}$ (m³/s)	Q_R (m³/s)
Rio dos Índios	7,01	7,19	3,59

A vazão residual de 50% da $Q_{7,10}$ será mantida à jusante da casa de força. Como se trata de um aproveitamento por derivação, a vazão ecológica de 10% da Q_{MLT} será mantida, adicionalmente, no trecho passível de restrição de vazões, durante o enchimento do reservatório.

Reservatório

Curva Cota x Área x Volume

A curva cota x área x volume da PCH Rio dos Índios, apresentada na Tabela 5.13 e Figura 5.20 utilizada nos estudos, foi determinada com base na restituição aerofotogramétrica em escala 1:10.000, com curvas de nível de 10,0 em 10,0m.

TABELA 5.13. Dados da Curva Cota x Área x Volume.

PCH Rio dos Índios – Rio dos Índios				
Cota (m)	Área (m^2)	Volume (m^3)	Área Incremental (m^2)	Volume Incremental (m^3)
326,0	-	-	-	-
330,0	473.000	630.667	473.000	630.667
340,0	3.846.000	19.523.206	3.373.000	18.892.539
350,0	7.514.000	75.309.087	3.668.000	55.785.882
360,0	25.077.000	229.702.184	17.563.000	154.393.096
370,0	34.566.000	526.651.064	9.489.000	296.948.880

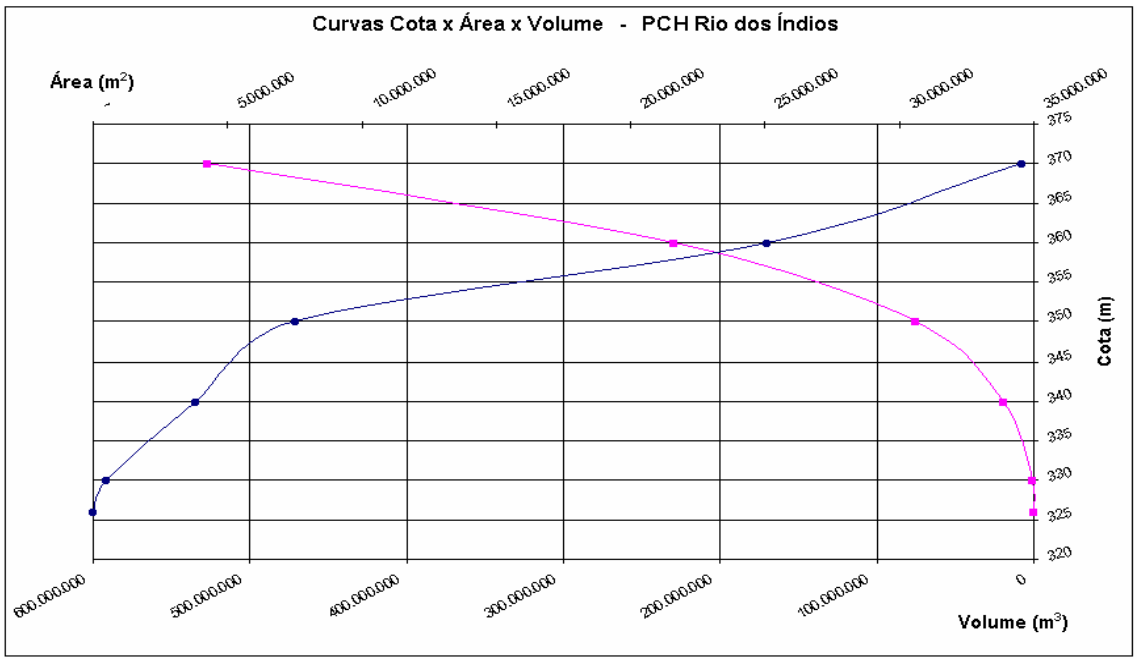


FIGURA 5.20. Curvas Cota x Área x Volume.

Estudo de Borda Livre

A publicação "Design of Small Dams" do United States Departament of Interior - Bureau of Reclamation, página 204 (1965), apresenta um sumário de valores obtidos por meio de fórmulas empíricas, propostas para a determinação da altura de onda, fornecidas pela American Society of Civil Engineers (Report 28). As Tabelas 5.14 e 5.15 apresentam os valores da referida publicação.

TABELA 5.14. Sumário de Valores Obtidos por Meio de Fórmulas Empíricas Propostas Para a Determinação da Altura de Onda.

Fetch, miles	*Wind velocity* **(Miles/hour)**	*Wave Heitght (feet)*	*Fetch, miles*	*Wind velocity* **(Miles/hour)**	*Wave Heitght (feet)*
1	50	2.7	5	75	4.3
1	75	3.0	5	100	4.8
2.5	50	3.2	10	50	4.5
2.5	75	3.6	10	75	5.4
2.5	100	3.9	10	100	6.1
5	50	3.7	-	-	-

TABELA 5.15. Sumário de Valores Obtidos por Meio de Fórmulas Empíricas Propostas Para a Determinação da Altura de Onda.

Fetch, miles	Normal Freeboard, feet	Mínimo Freeboard, feet
Less than 1	4	3
1	5	4
2.5	6	5
5	8	6
10	10	7

Adotando-se para a PCH Rio dos Índios o *Fétch* (superfície livre do reservatório submetida à ação do vento) de 1,20 milhas ou 1,90 km, tem-se pela Tabela 5.14, para velocidade do vento de 75 milhas por hora ou 120 km/h, uma altura de onda igual ou inferior a 3,08 pés ou 0,93 metros. Pela Tabela 5.15, para o *Fétch* correspondente (1,20 milhas) a "borda-livre" seria, também, de 4,13 pés ou 1,25 metros.

Considerando o exposto, para a PCH Rio dos Índios, está-se adotando a "borda-livre" de 1,00 m acima do nível máximo maximorum do reservatório.

Estudo da Curva Chave do Canal de Fuga

Dada a necessidade de se conhecer as elevações de nível d'água em função das vazões liberadas no canal de fuga da PCH em estudo, faz-se necessária à elaboração da curva-chave no local para acompanhamento deste processo.

Tendo em vista a inexistência de lances de régua linimétricas no local do aproveitamento, optou-se pela estimativa da curva-chave valendo-se do método de Manning para escoamentos em regime uniforme, onde a vazão é dada por:

$$Q = \frac{1}{n}_x A_x R^{2/3}{}_x S^{1/2}$$

Em que *Q* representa a vazão; *n* o coeficiente de rugosidade de Manning; *R* o raio hidráulico; e *S* a declividade da linha energética do escoamento.

De acordo com a publicação "*Open Channel Hydraulics*" (Ven Te Chow) para um canal escavado em rocha, com paredes regulares, o coeficiente de rugosidade de Manning a ser adotado deve ser da ordem de 0,035. Assim este valor foi adotado para efeito da estimativa da curva-chave no canal de fuga da usina, baseando-se nas características do estirão fluvial.

Para a determinação da declividade da linha energética do escoamento, admitiu-se a hipótese de escoamento normal, ou seja, que a declividade da linha d'água e da linha energética fossem iguais à declividade do leito do rio, calculada a partir das seções batimétricas executadas na calha do rio, na região próxima ao canal de fuga. O valor obtido é igual a 0,18m/m.

A partir do levantamento cartográfico disponível para o sitio do aproveitamento, em escala 1:10.000, com curvas de nível de 10,0 em 10,0 metros, determinou-se a seção transversal que serviu de base para estes estudos (Tabela 5.16 e Figura 5.21). A partir destas informações-base foi possível a determinação da área molhada e do perímetro molhado, e, desta forma, a determinação, com auxílio da equação de Manning, dos valores de vazão associados a diferentes níveis d'água.

TABELA 5.16. Seção Transversal no Local de Implantação do Canal de Fuga da Usina.

Ponto	Distância da Margem Esquerda (m)	COTA DO PONTO (M)	PONTO	Distância da Margem Esquerda (m)	COTA DO PONTO (M)
1	-	305,00	12	282,54	284,00
2	25,17	302,00	13	293,98	285,00
3	41,95	300,00	14	302,93	287,00
4	59,94	297,00	15	316,35	290,00
5	71,94	295,00	16	349,10	292,00
6	102,31	292,00	17	398,23	295,00
7	122,56	290,00	18	419,72	297,00
8	167,71	287,00	19	451,95	300,00
9	197,81	285,00	20	469,81	302,00
10	236,81	283,00	21	496,60	305,00
11	271,09	283,00	-	-	-

A curva-chave estimada para a seção do canal de fuga da usina é apresentada na Figura 5.22. Para a aferição desta curva faz-se necessária, além da instalação de lances de

régua na seção do canal, a realização de medidas simultâneas de nível e descarga líquida. Esta segunda etapa deve ser realizada antes do início das obras do aproveitamento.

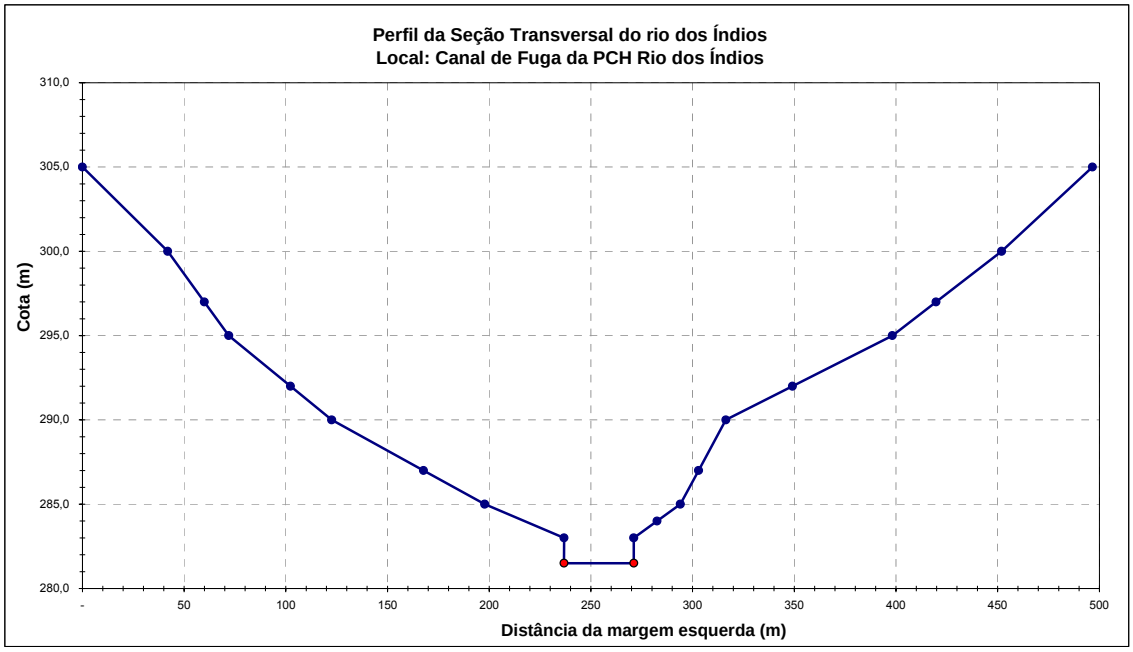
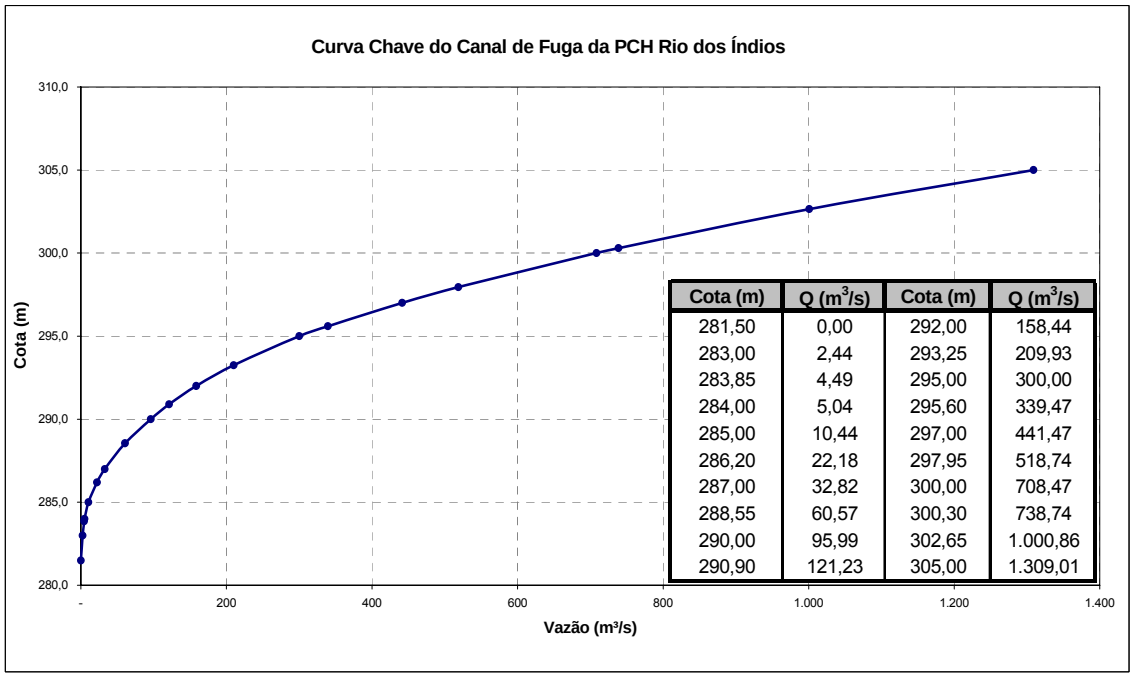


FIGURA 5.21. Perfil da Seção Transversal do Rio dos Índios.



Cota (m)	Q (m³/s)	Cota (m)	Q (m³/s)
281,50	0,00	292,00	158,44
283,00	2,44	293,25	209,93
283,85	4,49	295,00	300,00
284,00	5,04	295,60	339,47
285,00	10,44	297,00	441,47
286,20	22,18	297,95	518,74
287,00	32,82	300,00	708,47
288,55	60,57	300,30	738,74
290,00	95,99	302,65	1.000,86
290,90	121,23	305,00	1.309,01

FIGURA 5.22. Curva Chave do Canal de Fuga da PCH Rio dos Índios.

Verifica-se, portanto que a passagem da cheia de 1.000 anos de tempo de retorno (187 m^3/s) não atinge a cota de segurança, correspondente a 293,00 metros, adotada para a casa de força.

Estudos de Amortecimento

A fim de verificar o funcionamento da estrutura do vertedouro foi estudado o efeito do amortecimento da onda de cheia pelo reservatório. Este estudo foi realizado valendo-se de um programa computacional desenvolvido em Excel, que utiliza o método de Puls.

Para a execução do programa são necessárias as seguintes informações: curva cota *x* área *x* volume do reservatório (apresentada anteriormente); curva de descarga do vertedouro (equação); elevação do NA_{mxn}; elevação do NA_{maxmax}; elevação da crista da barragem e o hidrograma da cheia de projeto.

Características do Reservatório

O reservatório do PCH Rio dos Índios possui um vertedouro de soleira livre com perfil tipo Creager e largura de 50 metros.

De acordo com os dimensionamentos estabelecidos neste relatório, são apresentados a seguir os níveis característicos para o reservatório da PCH em questão:

- NAmaxmax: Elevação 336,50 m;
- NAnormal: Elevação 335,00 m;
- Crista do Vertedouro: Elevação 335,00 m;
- Crista da Barragem: Elevação 338,50 m.

Descarga do Vertedouro

As descargas defluentes de um vertedouro com perfil Creager podem ser calculadas por meio da equação:

$$Q = CxLxH^{3/2}$$

Onde,

Q é a vazão ou descarga, em m^3/s;
L é o comprimento útil total do vertedouro;
C representa o coeficiente de descarga;
H a altura da lâmina d'água (carga) acima da crista do vertedouro;

Obtenção do Hidrograma de Projeto

Para obtenção do hidrograma de projeto afluente ao reservatório da PCH Rio dos Índios, adotou-se o critério do método direto, dado a indisponibilidade de parâmetros meteorológicos necessários para a realização do estudo mais complexo (método indireto – hidrometeorológico), o qual envolve a estimativa da precipitação máxima provável (PMP).

O método direto, desenvolvido em 1975 por Leo Beard, do U.S. Army Hydrologic Engineering Center, consiste basicamente na construção de um hidrograma hipotético, de tempo de retorno especificado, por meio da análise de freqüência dos dados de vazões disponíveis, avaliados para diversas durações médias.

A duração média é estabelecida em função de um hidrograma típico, selecionado dentre a série de registros diários disponíveis e que caracteriza a maior cheia (em termos de volume) observada no curso d'água.

São apresentadas, a seguir, as etapas da obtenção do hidrograma hipotético milenar para o local da PCH Rio dos Índios.

Seleção do hidrograma da maior cheia registrada no local

Dentre as séries de vazões das estações disponíveis adotaram-se para análise os dados referentes à estação Japurá, localizada no rio dos Índios, tendo em vista sua maior proximidade ao aproveitamento em estudo, a extensão de sua série de vazões, a presença de poucas falhas, cujos anos foram eliminados da análise, e ainda, por já ter sido utilizada na obtenção da série de vazões médias mensais no local do barramento.

A partir da análise da série de vazões máximas diárias da referida estação, constata-se que a maior cheia medida é de 88,26 m^3/s (Set/89). Assim adotou-se o hidrograma

de 07 de setembro a 26 de setembro de 1989 como o hidrograma típico, Figura 5.23, pelo fato de conter a maior cheia.

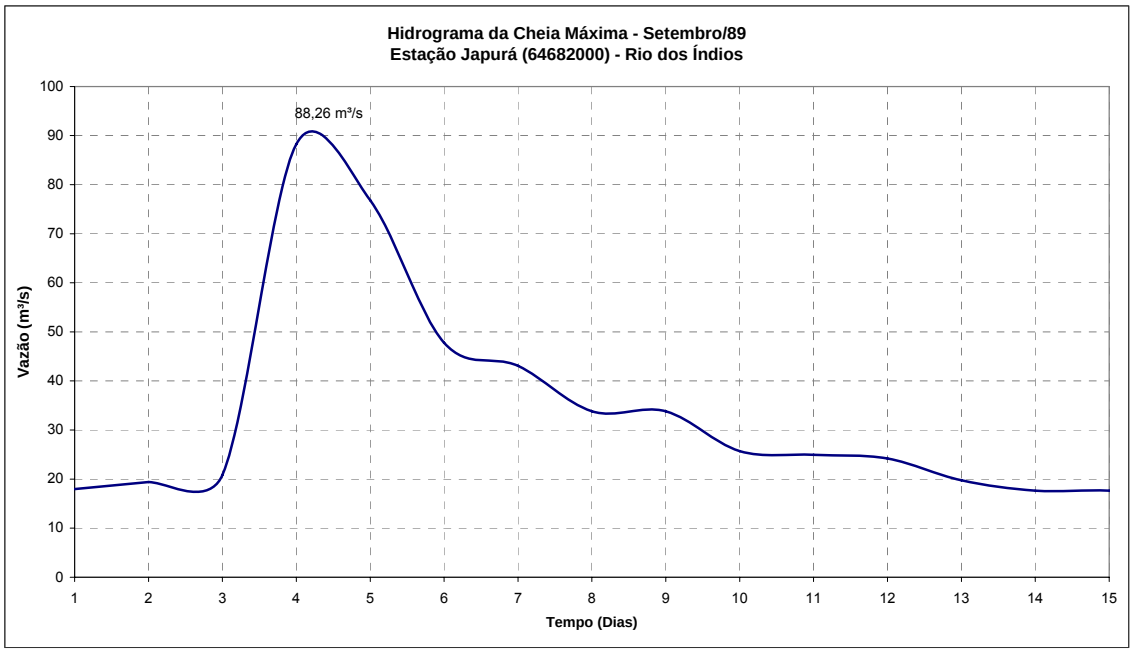


FIGURA 5.23. Hidrograma da Maior Cheia Observada.

Análise de freqüência das vazões médias

Em função da extensão do hidrograma foi realizado um estudo de análise de freqüência das vazões médias (volumes) para as durações 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21 e 23 dias, utilizando o programa computacional SEAF, desenvolvido na Universidade Federal de Minas Gerais. Foram avaliadas as distribuições: Exponencial, Gumbel, Log-Normal, Pearson III, Log-Pearson III e a Generalizada de Valores Extremos (GEV).

O método de ajuste e determinação de parâmetros empregado neste estudo, Momentos-L, conduz a resultados aceitáveis em relação aos métodos convencionais (Momentos e Máximo de Verossimilhança), uma vez que se baseia em combinações lineares das observações ordenadas. As distribuições, ajustadas aos dados, são ainda, submetidas a testes para verificação do ajustamento, dentre os quais se podem citar: testes não paramétricos como os de Grubbs & Beck, Mann-Kendall, dentre outros, teste de Filliben, testes de variância e parcimônia estatística.

A distribuição que melhor se ajustou aos dados de vazões médias diárias amostrais para todas as durações simultaneamente foi a de Gumbel. As curvas de freqüência de vazões médias de cada duração especificada, calculadas de acordo com a distribuição adotada, são apresentadas na Figura 5.24. A Tabela 5.17, contém os quantis para diversos valores do tempo de retorno.

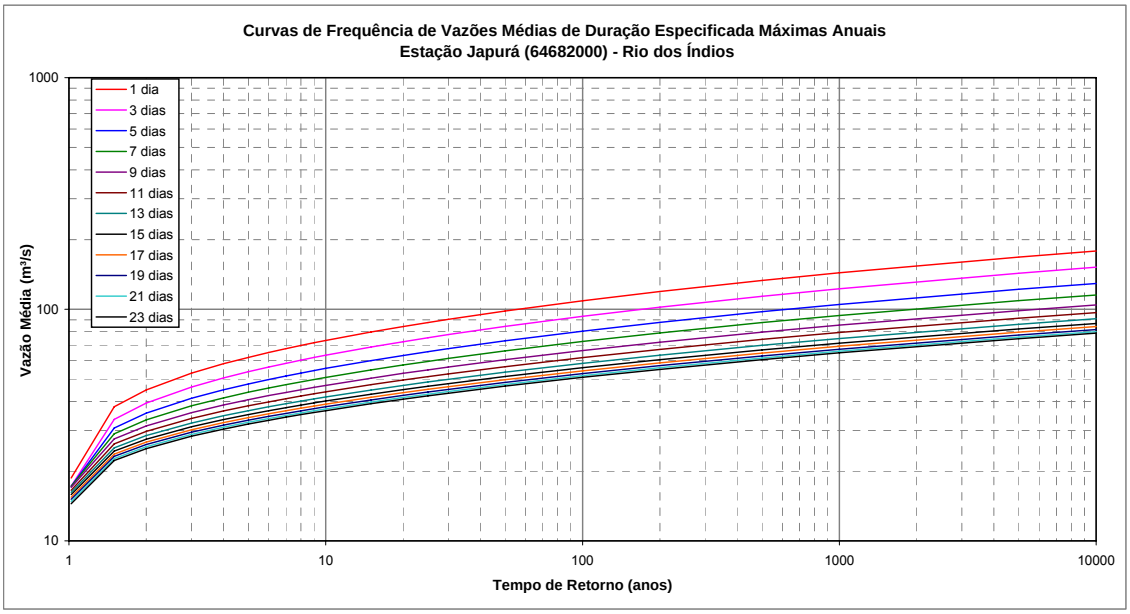


FIGURA 5.24. Curvas de Freqüência das Vazões de Cheia.

TABELA 5.17. Quantis Correspondentes às Curvas de Freqüência de Vazões de Cheia Estação Japurá – Rio dos Índios.

TR (anos)	Quantis (m^3/s)											
	1 dia	3 dias	5 dias	7 dias	9 dias	11 dias	13 dias	15 dias	17 dias	19 dias	21 dias	23 dias
2	44,9	39,3	35,6	33,3	31,4	29,7	28,5	27,5	26,7	26,1	25,5	25,0
5	62,0	53,8	47,6	43,8	40,7	38,3	36,5	35,1	34,1	33,2	32,5	31,9
1	73,3	63,3	55,6	50,8	46,9	44,0	41,8	40,1	39,0	37,9	37,1	36,5
15	79,7	68,7	60,1	54,7	50,4	47,2	44,8	43,0	41,7	40,6	39,8	39,1
25	87,7	75,4	65,6	59,6	54,8	51,2	48,5	46,5	45,1	43,9	43,0	42,3
50	98,3	84,4	73,1	66,1	60,6	56,6	53,5	51,2	49,7	48,3	47,3	46,6
100	108,8	93,2	80,5	72,6	66,3	61,9	58,4	55,9	54,2	52,7	51,6	50,8
200	119,3	102,1	87,8	79,0	72,1	67,1	63,4	60,6	58,7	57,1	55,9	55,0
500	113,2	113,8	97,6	87,5	79,7	74,1	69,9	66,8	64,7	62,9	61,6	60,6
1.000	143,7	122,6	104,9	94,0	85,4	79,4	74,8	71,4	69,2	67,3	65,9	64,9
5.000	168,0	143,1	122,0	108,9	98,4	91,6	86,2	82,2	79,7	77,4	75,8	74,7
10.000	178,4	151,9	129,3	115,3	104,4	96,8	91,1	86,9	84,2	81,8	80,1	78,9

- Obtenção dos volumes milenares

Os volumes do hidrograma milenar foram obtidos multiplicando-se os valores das vazões por seus respectivos tempos de duração.

- Alteração do pico diário do hidrograma para o valor de projeto

O pico do hidrograma milenar para a vazão de um dia de duração corresponde à vazão de tempo de retorno de 1.000 anos de mesma duração. Esta, então, é lançada na ordenada correspondente ao pico do hidrograma típico.

- Cálculo das vazões milenares para as próximas durações

Realiza-se o cálculo da porcentagem que representa cada uma das vazões do hidrograma típico no volume total. Desta forma são obtidas, por analogia, as vazões do hidrograma milenar, levando-se em conta a subtração dos volumes das durações já consideradas, até atingir-se toda a duração do hidrograma típico.

- Verificação da igualdade entre o volume calculado e o obtido para o hidrograma milenar

Vencidas as etapas anteriormente descritas, com a obtenção do hidrograma milenar de vazões afluentes ao posto fluviométrico, que é apresentado na Figura 5.25, as vazões deste hidrograma foram transferidas ao local da PCH Rio dos Índios, por relação direta de área de drenagem, resultando no hidrograma milenar para o reservatório em estudo. Por meio da fórmula de Füller, foram obtidas as ordenadas dos hidrogramas instantâneos, apresentados na Tabela 5.18.

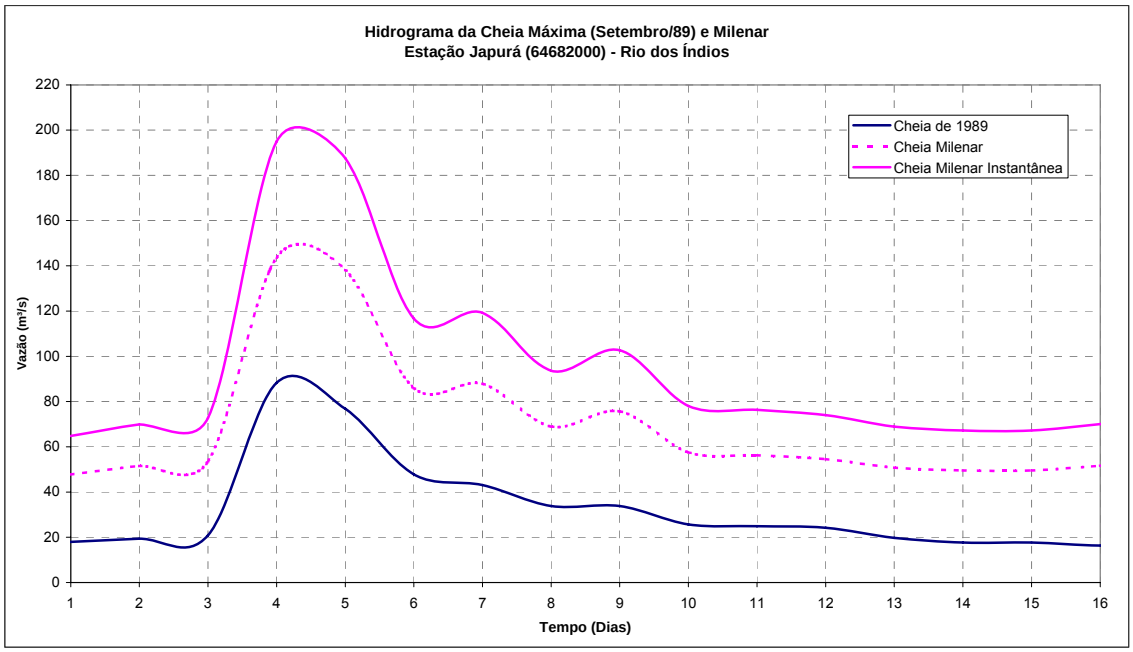


FIGURA 5.25. Hidrograma da Cheia de 1989 e Hidrograma Milenar – Estação Japurá

TABELA 5.18. Ordenadas do Hidrograma Milenar (Instantâneo).

Vazão (m^3/s)			Vazão (m^3/s)		
Ordem	**Posto Japurá**	**PCH Rio dos Índios**	**Ordem**	**Posto Japurá**	**PCH Rio dos Índios**
1	64,79	62,20	13	68,94	66,18
2	69,88	67,08	14	67,21	64,52
3	72,71	69,80	15	67,21	64,52
4	194,96	187,17	16	70,02	67,22
5	187,56	180,06	17	72,85	69,94
6	116,66	111,99	18	69,57	66,79
7	119,23	114,47	19	68,13	65,41
8	93,57	89,83	20	70,30	67,49
9	102,68	98,57	21	70,20	67,39
10	78,07	74,95	22	74,05	71,06
11	76,32	73,27	23	72,52	69,62
12	73,99	71,03	24	68,94	66,18

Amortecimento da Onda de Cheia

Considerando os dados apresentados anteriormente, quais seja curva cota x área x volume, as características do vertedouro e os níveis característicos do reservatório, equação

de descarga do vertedouro e o hidrograma afluente, apresenta-se na Figura 5.26 e Tabela 5.19 o hidrograma defluente, resultante da simulação de amortecimento para a PCH Rio dos Índios, por meio da utilização do método de Puls.

De acordo com os resultados da simulação pode-se verificar que o reservatório da futura PCH não tem razoável capacidade de amortecimento tendo em vista suas dimensões. Pode-se verificar pelos resultados obtidos que o reservatório não foi capaz de amortecer o volume afluente, embora tenha, instantaneamente, reduzido a vazão de pico. A vazão de pico do hidrograma amortecido (maior que a do hidrograma afluente) corresponde a uma sobre-elevação de aproximadamente 1,54 metros acima da cota da soleira do vertedouro (335,00 metros) e consequentemente do NA máximo normal de operação, correspondendo a uma cota de 336,54 metros, inferior portanto a cota correspondente a crista do barramento, 337,50 metros, deixando uma borda livre de 0,96 cm.

Constata-se desta forma que, apesar de o vertedor não ter dimensões suficientes para amortecer o volume da cheia milenar, adotada nos estudos e igual a 187 m^3/s, ele permite sua passagem, sem atingir a crista da barragem.

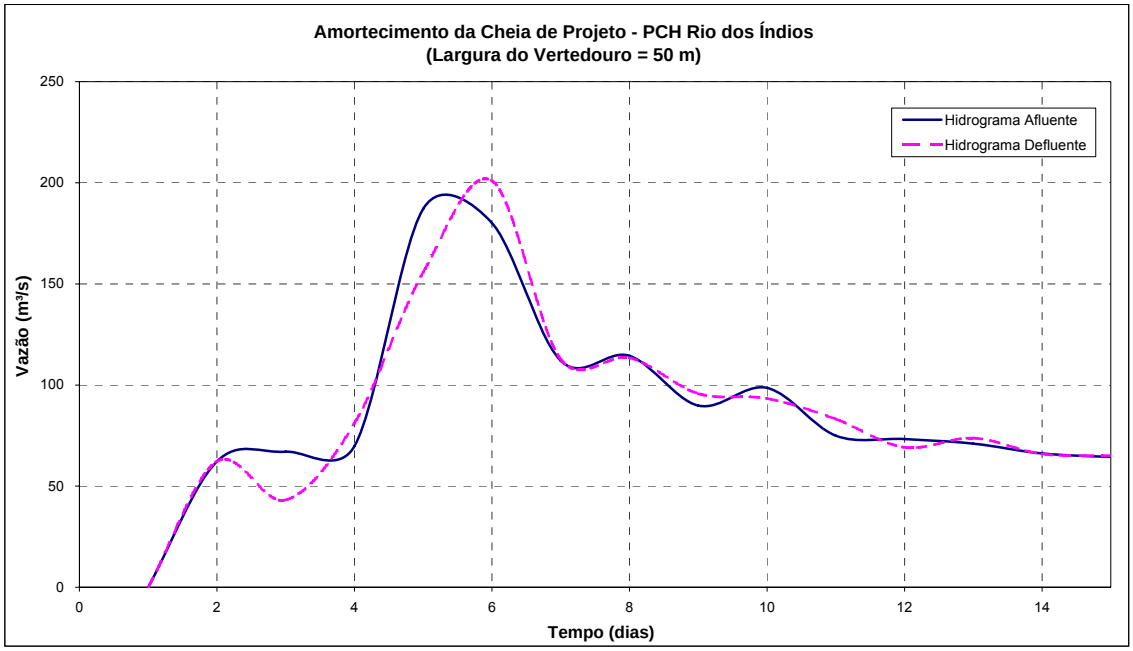


FIGURA 5.26. Hidrogramas Afluente e Defluente na PCH Rio dos Índios.

TABELA 5.19. Ordenadas dos Hidrogramas Milenares Afluente e Defluente e Níveis d'Água Atingidos no Reservatório da PCH Rio dos Índios.

Ordenada	Afluente (m^3/s)	Defluente (m^3/s)	Sobrelevação (m)	N.A (m)	Ordenada	Afluente (m^3/s)	Defluente (m^3/s)	Sobrelevação (m)	N.A (m)
1	0,00	0,00	0,00	335,00	13	71,03	73,76	0,79	335,79
2	62,20	62,20	0,71	335,71	14	66,18	65,91	0,73	335,73
3	67,08	43,12	0,55	335,55	15	64,52	65,08	0,73	335,73
4	69,80	81,10	0,84	335,84	16	64,52	64,25	0,72	335,72
5	187,17	155,70	1,30	336,30	17	67,22	66,65	0,74	335,74
6	180,06	200,96	1,54	336,54	18	69,94	69,56	0,76	335,76
7	111,99	112,71	1,05	336,05	19	66,79	67,73	0,75	335,75
8	114,47	113,53	1,05	336,05	20	65,41	65,32	0,73	335,73
9	89,83	95,75	0,94	335,94	21	67,49	66,96	0,74	335,74
10	98,57	93,36	0,92	335,92	22	67,39	67,10	0,75	335,75
11	74,95	83,19	0,86	335,86	23	71,08	70,06	0,76	335,76
12	73,27	69,18	0,76	335,76	24	69,62	70,51	0,77	335,77

Estudo de Remanso

Para subsidiar a delimitação da área inundada pelo reservatório da futura PCH Rio dos Índios foi realizado o estudo do remanso provocado pelo barramento. Os dados básicos coletados para este estudo são apresentados a seguir.

- Seções Transversais e Perfil do Rio

Foram levantadas 07 seções transversais, à montante do reservatório do aproveitamento em questão, além da seção no eixo do barramento. O perfil transversal foi levantado a partir de plantas topográficas em curvas de nível de 5,0 m em 5,0 m. A marcação das seções é mostrada no perfil transversal na Figura 5.27. As seções transversais são apresentadas na Figura 5.28. A partir destes levantamentos foi possível a determinação da declividade média do leito do rio no trecho considerado e das distâncias entre as seções, apresentadas na Tabela 5.20.

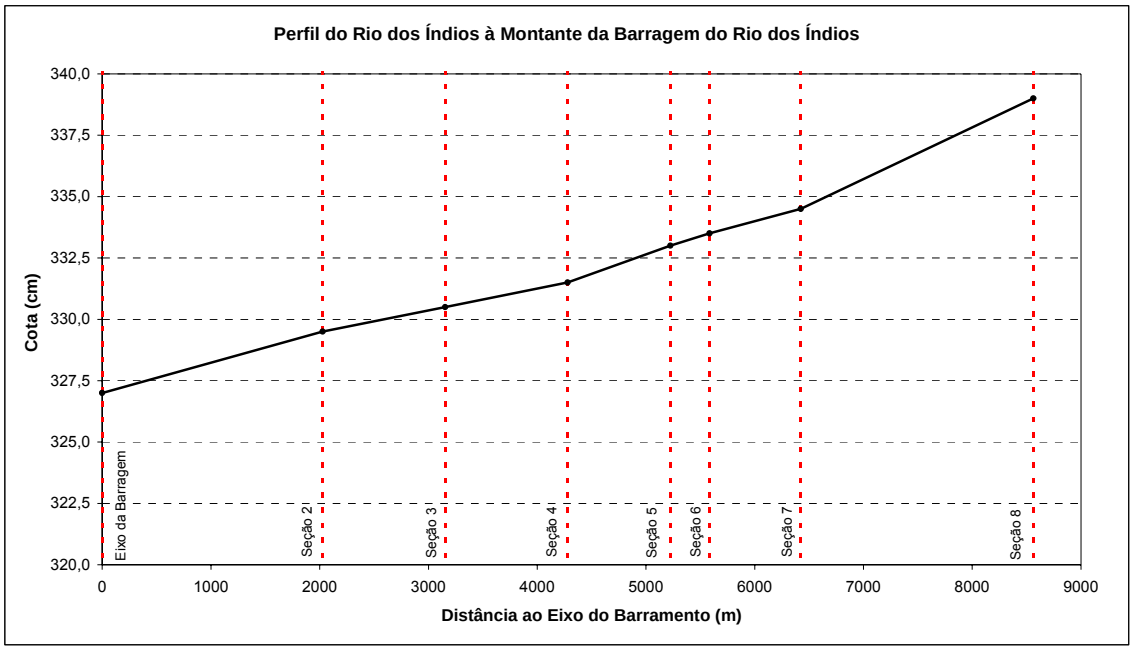


FIGURA 5.27. Perfil Transversal e Marcação das Seções.

- Vazões Características e Níveis Característicos

As vazões características consideradas correspondem à vazão média de longo termo e a de tempo de retorno de 1.000 anos, a saber: 14,66 m^3/s e 187,00 m^3/s, respectivamente. Para a determinação dos perfis de linha d'água com a implantação do barramento, utilizou-se como níveis de partida os NA's máximos *normal* e *maximorum*: 335,00 m e 336,50 m, referentes, respectivamente, às vazões média de longo termo (Q_{MLT}) e de 1.000 anos de tempo de retorno.

Para a simulação do remanso, isto é, avaliação dos perfis de linha d'água no rio dos Índios, a montante do barramento, nas situações de calha natural e após a implantação do barramento, foi utilizado o programa computacional HEC-RAS, desenvolvido pelo Hydrologic Engineering Center do U.S. Army Corps Of Engineers.

Devido à inexistência de levantamentos simultâneos em campo, do perfil da linha d'água e medição de vazão para a calibragem dos parâmetros do modelo, a mesma foi feita por tentativas. Após as diversas simulações os coeficientes de Manning adotados foram de 0,035 e 0,06 para as condições de escoamento na calha natural e nas margens, respectivamente.

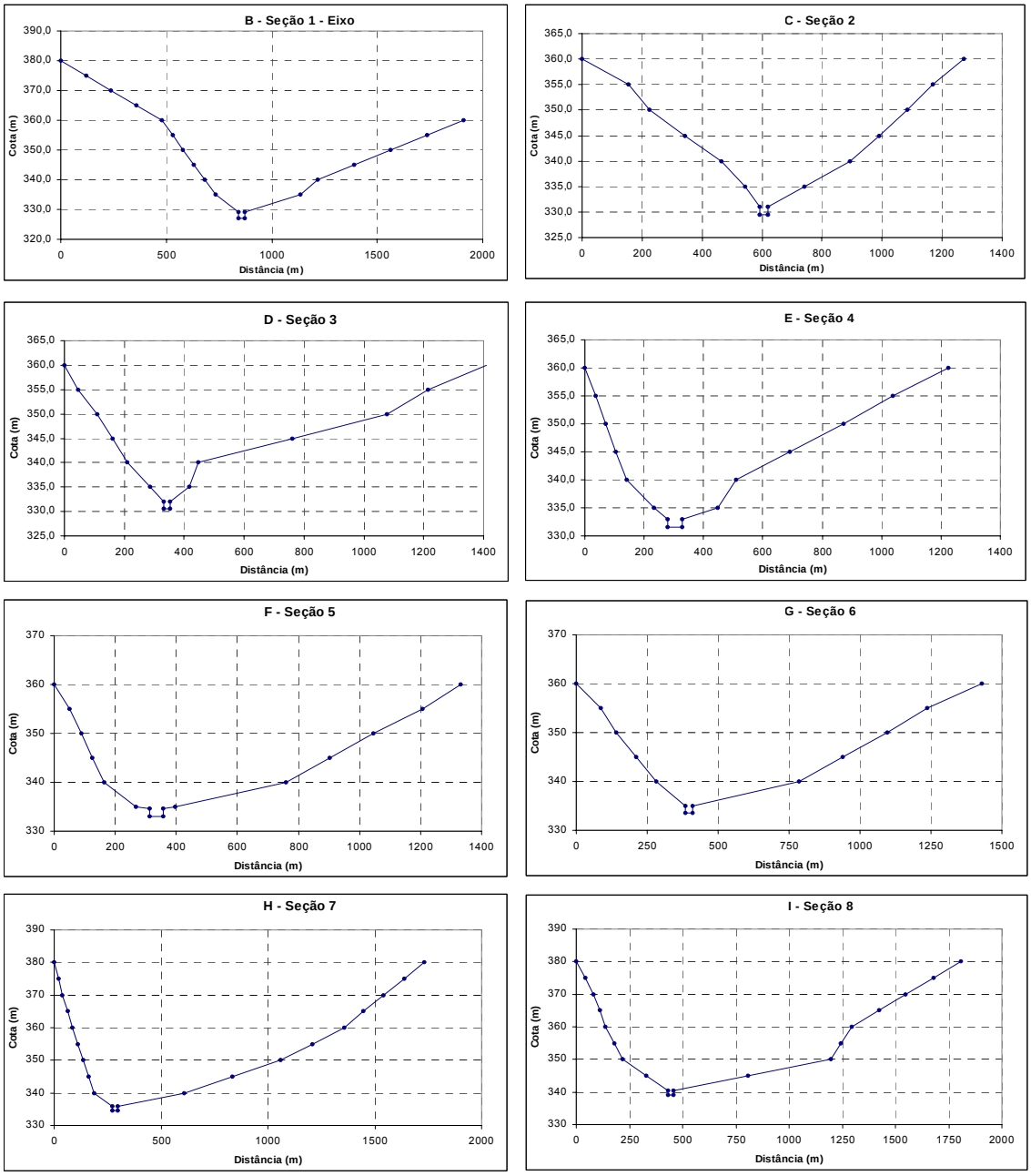


FIGURA 5.28. Perfis das Seções Transversais Levantadas ao Longo do Reservatório da PCH Rio dos Índios.

TABELA 5.20. Localização das Seções Transversais.

Seção Transversal	Distância entre Seções (m)			Distância ao Eixo da Barragem (m)
	Margem Direita	Eixo	Margem Esquerda	
Eixo 1 - Seção 2	2.100,6	2.027,0	1.953,3	2.027
Seção 2 - 3	1.122,6	1.126,7	1.130,7	3.154
Seção 3 - 4	1.142,1	1.125,8	1.109,5	4.279
Seção 4 - 5	948,0	945,5	943,1	5.225
Seção 5 - 6	360,8	359,5	358,1	5.584
Seção 6 -7	839,7	839,0	838,3	6.423
Seção 7 - 8	2.133,5	2.138,3	2.143,2	8.562

A Tabela 5.21, apresenta os resultados dos cálculos de remanso, mostrados graficamente nas Figuras 5.29 e 5.30, onde podem ser vistos os perfis de linha d'água para as duas situações simuladas.

TABELA 5.21. Perfis de Linha d'Água – Influência do Remanso.

Seções	Cota de Fundo (m)	Perfis de Linha d'Água – Cotas (m)			
		Q_{MLT} = 14,66 m³/s		$Q_{1.000}$ = 187,00 m³/s	
		Atual	Barragem	Atual	Barragem
Séc. 1 -Eixo	327,00	327,63	336,50	329,92	336,50
Seção 2	329,50	330,22	336,50	332,57	336,51
Seção 3	330,50	331,40	336,50	333,93	336,55
Seção 4	331,50	332,16	336,50	334,67	336,60
Seção 5	333,00	333,29	336,50	335,14	336,65
Seção 6	335,50	334,25	336,50	335,96	336,71
Seção 7	334,50	335,24	336,51	337,52	337,46
Seção 8	339,00	339,50	339,50	341,24	341,31

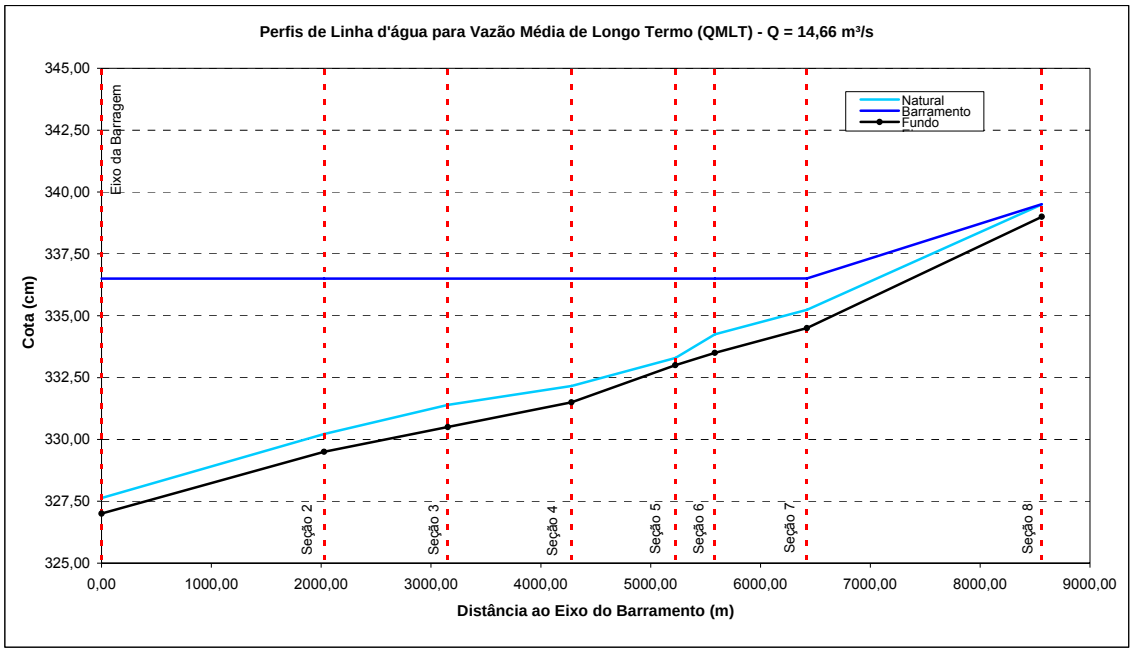


FIGURA 5.29. Perfis de Linha d'água Para Vazão Média de Longo Termo.

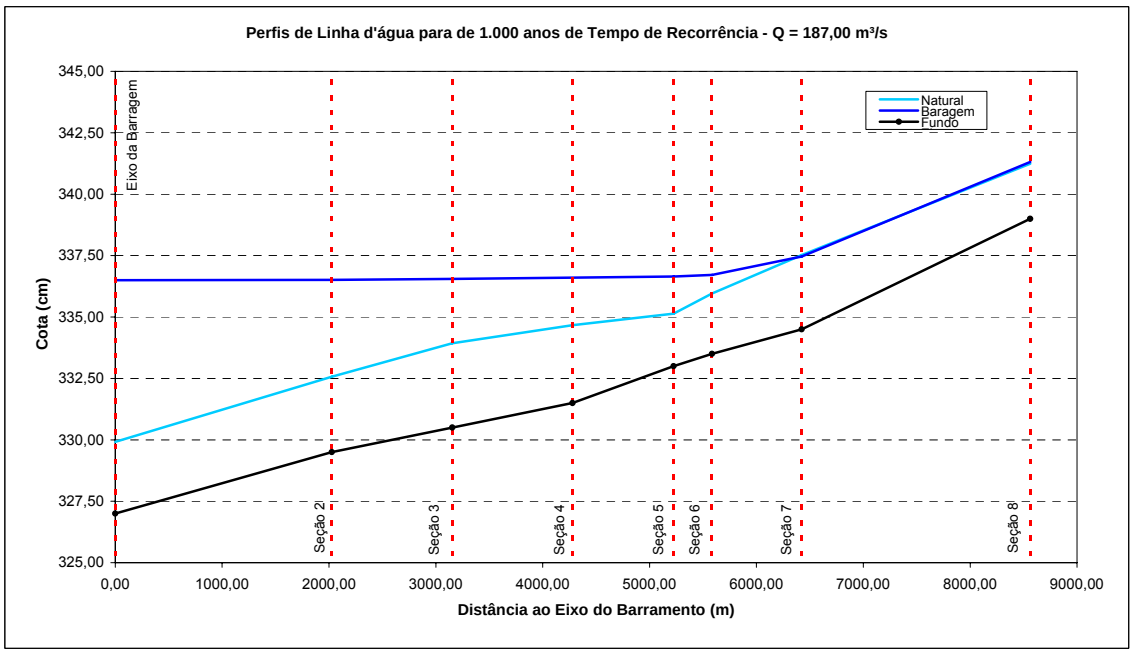


FIGURA 5.30. Perfis de Linha d'água Para 1000 Anos de Tempo de Recorrência.

Pode-se verificar pela análise dos resultados obtidos (tabelas anteriores e figuras 5.28, 5.29 e 5.30) que, considerando a vazão média de longo termo, a influência do remanso se dá até aproximadamente 8,0 km a montante do barramento, (entre as seções 7 e 8). Para a vazão com tempo de retorno de 1.000 anos, este se dá até, aproximadamente 6,5 km a

montante do barramento (um pouco antes da seção 7), com elevação do nível d'água até a cota de 339,00 e 337,50 metros, respectivamente.

Estudos de Enchimento

Com base na restituição aerofotogramétrica em escala 1:10.000, com curvas de nível de 10 em 10 metros foi determinada a curva *Cota x Área x Volume*, para diversas elevações.

Com base na série de descargas médias mensais, referentes ao período de Jan/53 a Dez/02, e os dados da curva, acima citada, foi realizado o estudo de enchimento do reservatório da PCH Rio dos Índios. Foram considerados como dados de precipitação e evaporação os valores médios mensais da estação Cianorte. Os referidos dados foram apresentados anteriormente neste relatório.

Como não há cronograma de construção vigente, prevendo o mês provável para o início do enchimento do reservatório, fez-se um estudo estatístico considerando a referida data como sendo o primeiro dia de cada um dos doze meses do ano. Assim sendo, foram coletados os dados básicos, necessários ao estudo, quais sejam:

- Data inicial de enchimento: 1º dia de cada mês;
- Volume correspondente ao NA máximo normal de operação (El. 335,0) – 10,08 x 106 m^3;
- Vazão Média de Longo Termo: 14,66 m^3/s;
- Defluência no período: 1,47 m^3/s (10% QMLT).

A partir dos dados disponíveis, foram realizadas as simulações de enchimento do reservatório ao longo de todo o período da série de vazões médias mensais (50 anos de dados). De acordo com os resultados obtidos, apresentados resumidamente na Tabela 5.22, pode-se constatar que o reservatório utiliza um tempo médio máximo de enchimento, até a cota de 335,00 metros, inferior a 15 dias, independentemente do mês em que se realiza a operação de fechamento final do reservatório; adotando-se a defluência citada anteriormente e considerando que o nível inicial é 326,00, cota do nível de fundo do reservatório.

Em atendimento às condições ambientais optar-se-á por uma operação de enchimento controlado, de forma a completar o evento em tempo aceitável e capaz de reduzir os prováveis impactos decorrentes de uma rápida formação do referido lago.

TABELA 5.22. Estatísticas do Tempo de Enchimento do Reservatório da PCH Rio dos Índios.

Mês de Enchimento	Tempo de Enchimento		
	Tempo Médio (dias)	Tempo Máximo(dias)	Tempo Mínimo (dias)
Janeiro	8,88	15,85	4,13
Fevereiro	9,34	23,86	3,93
Março	9,80	14,86	3,31
Abril	10,57	16,91	3,67
Maio	9,88	16,58	3,85
Junho	9,24	16,92	2,69
Julho	10,16	17,34	3,46
Agosto	11,03	20,91	4,75
Setembro	10,04	19,95	3,38
Outubro	9,15	15,70	4,15
Novembro	9,38	16,82	5,27
Dezembro	9,53	18,92	3,77

Estudos Sedimentológicos

Geral

A sedimentologia é o estudo dos processos de erosão, transporte e deposição dos sedimentos. São processos naturais ou provocados por atividades antrópicas.

A primeira fase desse processo de sedimentação está ligada à produção de sedimentos, natural e/ou provocada. Os principais agentes externos naturais, responsáveis pela dinâmica da sedimentação são: ventos, chuva e escoamento superficial difuso e concentrado nos talvegues. As atividades antrópicas principais são: a mineração, construção de estradas, expansão da malha urbana, preparação de terras para uso agrícola, pastoreio intensivo, desmatamento e construção de obras hidráulicas.

A segunda parte do processo está ligada ao transporte dos sedimentos pelo escoamento superficial. Os sedimentos são transportados pelas correntes líquidas em suspensão, por arraste ou saltação. Nem todo material sólido, proveniente de processos erosivos naturais ou provocados pelas atividades antrópicas, transportadas pela água através do sistema de drenagem, alcança o seu exutório ou o oceano. Estudos registram que, na grande maioria das bacias, apenas uma pequena parte do volume de sedimento produzido alcança efetivamente a seção de controle ou exutório. Este volume transportado chega a ser menor que $^1/_4$ do total de sólidos decorrentes do processo de erosão.

O processo de transporte de sedimentos está intimamente correlacionado com as características físicas e climáticas da região, tamanho e textura do material erodido e uso do solo.

A terceira e última parte do processo é a deposição ou sedimentação a qual é o oposto da erosão. O produto da erosão pode depositar-se imediatamente abaixo do local produtor, ou pode ser transportado pelo escoamento superficial e depositando-se nos canais dos rios, nas planícies fluviais, nos lagos, reservatórios, estuários e oceanos.

Sedimentos na Sub-bacia do Rio dos Índios

Tal como descrito anteriormente neste relatório, a bacia do rio dos Índios apresenta características bastante consideráveis de assoreamento, em função da efetiva alteração antrópica da geometria hidráulica do curso de seus tributários, provocada pelo aumento intenso da carga sedimentar hidrotransportada. A rápida ocupação de sua bacia, para o desenvolvimento de lavouras, promoveu uma alta erosão laminar e de ravina, assoreando diversas drenagens.

A imprevidência e o interesse imediatista, por ocasião da ocupação das terras do município, levaram ao desmatamento sistemático destas, inclusive das áreas ribeirinhas. O solo arenoso, sem consistência e sem a sustentação natural proporcionada pela cobertura vegetal, sofreu o impacto irreversível da erosão – fluvial e pluvial. As margens dos ribeirões e dos riachos estão corroídas pela erosão, tornando extensas áreas imprestáveis para qualquer atividade agro-pastoril, sendo, portanto, improdutivas.

Os leitos das correntes foram assoreados pelos depósitos de sedimentos carreados pelas chuvas constantes, fazendo desaparecer a flora e fauna aquática natural, outrora exuberante. A partir da década de 70, o processo de degradação dos rios foi acelerado, como conseqüência da mecanização das lavouras e da utilização de agrotóxicos.

Disponibilidade de Informações

De acordo com o "Inventário de Estações Fluviométricas", 2001, publicado pela ANEEL, a estação Japurá (64682000) é a única operada no curso do rio dos Índios que apresenta coleta de dados fluviosedimentométricos. Desta forma, procurou-se determinar a carga de sedimentos carreados pelos cursos d'água da bacia por meio dos dados desta estação.

Estimativa do Volume de Sedimentos

A estimativa da carga de sedimentos carreados pelo rio (descarga sólida anual) e afluente ao sítio do barramento foi realizada através de dois métodos que serão descritos a seguir.

- Dados Regionais

De acordo com o "Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos Principais Rios Brasileiros", a sub-bacia do rio dos Índios pertence à Região Sul – Zona Sudoeste. Esta região abrange as bacias médias e inferiores dos afluentes da margem esquerda do rio Paraná (do rio Paranapanema), a quase totalidade da bacia do rio Uruguai (não incluindo seu curso superior) e a bacia superior do rio Jacuí.

Nesta região as chuvas são erosivas (R > 750), e existem grandes extensões de solos com alta erodibilidade (k > 0,30) intensamente cultivados. Topograficamente, apresenta-se como um planalto recortado por vales, com vertentes geralmente íngremes. A *CMA* varia em trono de 100 mg/l e a degradação específica é da ordem de 95 t/km²/ano, em bacias de 3.500 km². O rio dos Índios pertence à sub-região da bacia do rio Paraná, a qual apresenta *CMA* de 120 mg/l e taxas de erosão da ordem de 90 t/km²/ano, para bacias de 2.500 km².

Desta maneira, pode-se estimar o deflúvio sólido médio anual afluente (Q_{SS}) no local do aproveitamento hidrelétrico admitindo-se os valores de concentração média anual em

suspensão (*CMA* = 120 mg/l) e da produção específica (90 t/km²/ano) citados. A descarga sólida por arraste (Q_{SA}) é estimada como 12% da Q_{SS}. Assim:

$$Q_{SS} = 1{,}12 \; x \; Q_{MLT} \; x \; CMA \; x \; 31{,}5576$$

Onde:

Q_{SS} – Deflúvio sólido médio anual afluente (t/ano);
Q_{MLT} – Vazão média de longo termo do aproveitamento (m³/s);
CMA – Concentração média anual de sedimentos regional (mg/l).

Valendo-se desta expressão e dos dados citados, obtém-se o seguinte valor de Q_{SS} para o aproveitamento:

$$Q_{SS} = 1{,}12x14{,}66x120x31{,}5576 = 62.178\, t/ano$$

- Dados Locais

A obtenção da produção específica de sedimentos partiu da utilização dos dados de descargas líquidas e da concentração de sedimentos em suspensão medidos na estação sedimentométrica localizada no curso do rio (estação Japurá – 64682000).

A partir dos valores medidos para descargas líquidas e concentrações médias de sedimentos em suspensão na referida estação, cuja série de dados abrange o período de 1982 a 2000, fez-se uma análise, a fim de obter-se a descarga sólida total afluente ao aproveitamento.

Através dos dados medidos no período citado foram traçadas curvas em papel logarítmico que relacionam a descarga sólida em suspensão da estação e as descargas líquidas observadas.

As curvas foram traçadas considerando-se os períodos anuais e o período completo, na busca da melhor correlação entre os dados. Entretanto, face à grande dispersão obtida (baixos coeficientes de correlação) e o pequeno período de dados disponível, não foi possível estabelecer equações confiáveis entre os dados.

Uma alternativa para tentar o estabelecimento de uma melhor correlação, partiria da separação dos dados em dois períodos: chuvoso e seco. Porém, a pequena disponibilidade de dados e distribuição anual irregular de precipitações e, portanto de vazões, durante o ano, não permitiram uma definição precisa dos períodos.

Desta forma, optou-se pela determinação da descarga sólida afluente ao aproveitamento do rio dos Índios a partir dos dados da estação Japurá utilizando a média dos valores observados, ou seja, *CMA média* = 36,9 mg/l. Este valor de CMA é mais recomendado por ter sido obtido a partir de dados locais.

Desta forma, tem-se:

$$Q_{SS} = 1{,}12x14{,}66x36{,}9x31{,}5576 = 19.099\, t/ano$$

Cálculo do Peso Específico

Para o cálculo do volume assoreado do reservatório são necessários o conhecimento do peso específico aparente inicial e o peso específico ao final de *T* anos, o tipo de operação do reservatório e as características dos sedimentos.

Considerando a distribuição granulométrica de sedimento em suspensão, calculada para a estação Japurá (Tabela 5.23), e ainda a operação do reservatório tipo II – rebaixamento moderado obtém-se:

TABELA 5.23. Composição Granulométrica (%)*

Argila	Silte	Areia
0	1,05	98,94

* Valores obtidos em "Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos Principais Rios Brasileiros"

- Peso específico aparente inicial:

$$\gamma_1 = W_c P_c + W_m P_m + W_s P_s$$
$$\gamma_1 = 0{,}561\ x\ 0 + 1{,}137\ x\ 0{,}0105 + 1{,}554\ x\ 0{,}9894$$
$$\gamma_1 = 1{,}55\ {}^{t}\!/_{m^3}$$

- Peso específico após 100 anos de operação:

$$K = K_c P_c + K_m P_m + K_s P_s$$
$$K = 0{,}1346\ x\ 0 + 0{,}0288\ x\ 0{,}0105 + 0\ x\ 0{,}09894$$
$$K = 0{,}00003$$
$$\gamma_{100} = \gamma_1 + 0{,}4343K\left[\frac{T}{T-1}\ln(T) - 1\right]$$
$$\gamma_{100} = 1{,}55 + 0{,}4343\ x\ 0{,}00003\ x\left[\frac{100}{100-1}\ln(100) - 1\right]$$
$$\gamma_{100} = 1{,}55\ {}^{t}\!/_{m^3}$$

Onde:

γ_{01}: Peso específico aparente inicial (t/m^3);

W_c, W_m, W_s: Coeficiente de compactação da argila, silte e areia, em função do tipo de operação segundo Bureau of Reclamation;

P_c, P_m, Os: Percentagem de argila, silte e areia do sedimento afluente (ensaios de laboratório – medição);

γ_T: Peso específico médio após T anos de operação do reservatório (t/m^3);

T: Tempo de compactação do sedimento depositado (anos);

K: Constante que depende da granulametria do sedimento e obtida com base no tipo de operação, segundo Bureau of Reclamation;

Vida Útil

Para a determinação da vida útil do reservatório é necessário o conhecimento de algumas características do mesmo, tais como: cotas dos NA's máximo e mínimo para obtenção dos volumes máximo, mínimo e operacional; comprimento do reservatório; área de drenagem e a vazão média de longo termo.

A Tabela 5.24 – A, apresenta a descarga sólida total (Q_{SS}) médias do período em t/dia, o deflúvio sólido total afluente ao reservatório (Q_{SS}) em t/ano, e a descarga sólida

específica média em t/km^2/ano, referentes a ambos os métodos citados anteriormente para determinação da carga de sedimentos do aproveitamento em análise.

Em função da dimensão do reservatório, a eficiência de retenção dos sedimentos afluentes pode ser determinada através da curva de Brune, (Vanoni, 1977). Esta curva fornece a porcentagem do sedimento retido no reservatório, em função da relação Capacidade/Volume Afluente Anual.

TABELA 5.24. Avaliação da Descarga Sólida Total Para a PCH Rio dos Índios.

Dados	Regional	Local
Área de Drenagem (km^2)	772	
Q_{MLT} (m^3/s)	14,66	
$NA_{Máx.Oper}$ (m)	335,0	
$V_{Máx.Oper.}$ (10^{3}m^3)	10.077	
$NA_{Mín.Oper}$ (m)	334,0	
$V_{Mín.Oper.}$ (10^{3}m^3)	8.188	
$L_{Comp.Equiv.\ Reserv.}$ (km)	5,8	
Q_{SS} (t/ano)	62.178	19.099
Q_{SS} (t/dia)	170,35	52,33
q_{ss} (t/km.ano)	80,54	24,74
Por_{Ret} (%)	95	

A vida útil do reservatório pode ser avaliada mediante o tempo de assoreamento, conforme os dados apresentados e o nível da soleira da tomada d'água, apresentado na Tabela 5.25. Desta forma, apresenta-se na Tabela 5.26, a vida útil do reservatório da PCH Rio dos Índios obtida pelos dois métodos de cálculo da concentração média afluente.

TABELA 5.25. Determinação do Tempo de Assoreamento.

Reservatório	Nível da Soleira da Tomada D'água Auxiliar (m)	Volume (m^3)
PCH Rio dos Índios	352,50	106,19

TABELA 5.26. Vida Útil do Reservatório do Aproveitamento Estudado (anos).

Reservatório	Método	
	Método Regional	Método Local
PCH Rio dos Índios	66,1	215,3

Cabe ainda ressaltar, que a eventual construção de barragens à montante ameniza a produção de sedimento para jusante; e ainda que, tendo em vista a precariedade dos dados disponíveis, os tempos de assoreamento obtidos com estas metodologias não devem ser admitidos como valores absolutos, mas sim, como uma tendência para maior ou menor grau de assoreamento.

Geologia e Geotecnia

Apresenta-se a seguir as informações de cunho geológico regional e local onde busca-se efetuar uma caracterização do empreendimento, de acordo com os dados existentes e coletados da literatura geológica que abrange a área em estudo, bem como da realização da campanha de mapeamento geológico-geotécnico sistemático de superfície do local de implantação das estruturas projetadas.

Aspectos Geomorfológicos e Geológicos Regionais

Aspectos Geomorfológicos

A região objeto de interesse insere-se no denominado Terceiro Planalto Paranaense, mais especificamente no Planalto de Guarapuava, que representa a região dos grandes derrames de lavas básicas e desenvolve-se a oeste da escarpa mesozóica sendo considerada a região fisiográfica paranaense mais simples, tanto pelas suas formas, quanto pelas suas estruturas (Figura 5.31). Suas formas de superfície são esculpidas na Formação Caiuá, a qual documenta um clima árido, durante a Era Mesozóica, do Triássico Superior até o Cretáceo (EMBRAPA/IAPAR, 1984).

As formas superficiais do Terceiro Planalto, que mais se destacam, são as mesetas estruturais, dando origem a uma topografia de aspecto tabuliforme, entremeada em diversas porções pelas formas onduladas, com chapadas de encostas mais suavizadas.

Apesar da uniformidade na conformação de sua superfície, observa-se uma divisão em vários blocos, delimitados pelos grandes rios que percorrem o Planalto, tais como o Ivaí, o Piquiri e o Iguaçu, os quais têm cursos notadamente conseqüentes, condicionados que são às inclinações das rochas vulcânicas para oeste, sudoeste e noroeste.

Especificamente para a área em estudo, tem-se o bloco de Campo Mourão que, caracteriza-se por ser o divisor de águas dos rios Ivaí e Piquiri, apresentando mesetas características, tendo suas maiores altitudes em torno de 1.100 m na escarpa da Serra da Boa Esperança, declinando para 225m na confluência do rio Paraná. Deve-se ressaltar que esta Unidade Morfológica, também se caracteriza pela ausência de relevos acidentados, apresentando colinas e morros de pequena amplitude.

Litologicamente, a bacia do rio dos Índios está assentada sobre um embasamento rochoso, representado pela Formação Serra Geral (Grupo São Bento – basaltos) e pela Formação Caiuá. Sendo assim, nas áreas de exposição de rochas basálticas, observa-se desde morros até colinas amplas. Em locais de contato da Formação Serra Geral com a Formação Caiuá, os basaltos sustentam colinas amplas, com pequena amplitude, topos extensos, aplainados, vertentes com perfis retilíneos e convexos e tendência a certo paralelismo, segundo a direção N-S, ou E-W. Tais morfologias, segundo MAACK (1974) parecem corresponder às extensões do Planalto de Guarapuava e correspondem à superfície erosiva pré-Caiuá, ainda pouco trabalhada/entalhada pela drenagem atual.

Na área de domínio da Formação Caiuá (que compreende a maior porção da microbacia do rio dos Índios), predomina o relevo colinoso, onde surgem colinas amplas, com topos extensos e arredondados, perfis convexos e baixa declividade. Por sua vez, nas áreas de contato dos arenitos com os basaltos, ocorre um relevo de colinas médias, com amplitudes locais de até 150 m e declividade baixa a média, com topos extensos, arredondados e aplainados, mas com freqüentes rupturas de declive dado ao contato arenito/basalto.

Ocorrem ainda, na área da Formação Caiuá, diversas rupturas de declive, condicionadas pela presença de leitos arenito-carbonáticos, mais resistentes à erosão. Localmente, também ocorrem pequenos morrotes convexos (em forma de meia laranja), com amplitude média de cerca de 20m, que se destacam bastante na topografia colinosa circundante. Estes são sustentados por arenitos predominantemente grossos, muito alterados, porosos e que não deixam transparecer a existência de algum tipo de cimento ou matriz.

Há ainda, vales assimétricos, com uma vertente muito suave e outra relativamente abrupta. Estas assimetrias podem estar ligadas ou à inclinação da estratificação cruzada dos arenitos, ou ainda a basculamentos regionais.

De forma contrária à área de domínio do basalto, onde o modelado do relevo é mais movimentado e os vales apresentam drenagem mais encaixada, nas áreas de colinas amplas do arenito, os vales são mais abertos, com freqüente desenvolvimento de planícies aluvionares interiores restritas, possivelmente formadas por barramentos locais e temporários. Depósitos aluvionares mais extensos, em terraços e planícies atuais, aparecem às margens do rio dos Índios, especificamente, à montante da área de afloramento basáltico, logo acima da ponte da rodovia PR-082, que liga o município de Cianorte ao município de Indianópolis. Além das aluviões, ocorrem depósitos colúvio- aluvionares, principalmente nas drenagens de cabeceiras. Deve-se esclarecer que, tanto os depósitos colúvio-aluvionares, como grande parte das aluviões, encontram-se, atualmente, entalhados pela drenagem, sendo muito comuns, exposições de rocha ao longo do leito dos ribeirões e córregos.

No que tange aos processos e formas erosivas, devido ao desmatamento acelerado, a característica dos solos locais serem basicamente arenosa e ao uso agropastoril intenso dos solos, ocorreu a lixiviação dos mesmos e, consequentemente, a abertura de sulcos, ravinas e mesmo voçorocamentos. Como resultado destes processos, o acelerado aporte de sedimentos proporcionou a diversos cursos d'água da bacia, considerável assoreamento e degradação.

Na maioria dos afluentes de pequeno porte e cabeceiras dos tributários do rio dos Índios, observa-se que, esses cursos d'água estão remontando na forma de feições erosivas, às vezes expressivas, atingindo ao voçorocamento.

Salienta-se que em diversos locais da microbacia, há propensão à instalação de formas erosivas. Isto ocorre, sobretudo, nos depósitos coluvionares de origem da Formação Caiuá, devido à sua textura essencialmente arenosa, podendo gerar voçorocas e ravinas, onde houver concentração de fluxo superficial.

Aspectos Geológicos

- Contexto Geotectônico

A Bacia do Paraná é uma bacia intracratônica de grande extensão, abrangendo de 1.000.000 Km^2 no território brasileiro, alongando-se ainda pelo Paraguai, Uruguai e Argentina. No Brasil, abrange parte dos estados de Goiás e Minas Gerais e grandes áreas dos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do sul, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (Figura 5.32).

Constitui uma bacia com eixo maior orientado segundo a direção NNW, estendendo-se por cerca de 2.000 km e com espessuras de sedimentos que podem chegar a 7 km. Seus limites NW, NE, W, SW e S são marcados por arcos estruturais paralelos a suas bordas. Geralmente, estes arcos estruturais representam mega-estruturas de soerguimento com mergulhos para o interior da bacia.

Seu empilhamento estratigráfico está dividido em 5 (cinco) seqüências deposicionais constituídas por pacotes rochosos limitados por discordâncias de escala regional, depositadas desde o Siluriano Inferior até o Cretáceo Superior (Figura 5.33).

Trata-se de uma bacia cuja sedimentação ocorreu num ambiente pouco perturbado por fenômenos tectônicos, onde as unidades lito-estratigráficas apresentam grande continuidade lateral e com pequenas variações faciológicas, a não ser aquelas situadas nas bordas da bacia ou cuja origem relaciona-se a eventos glaciais.

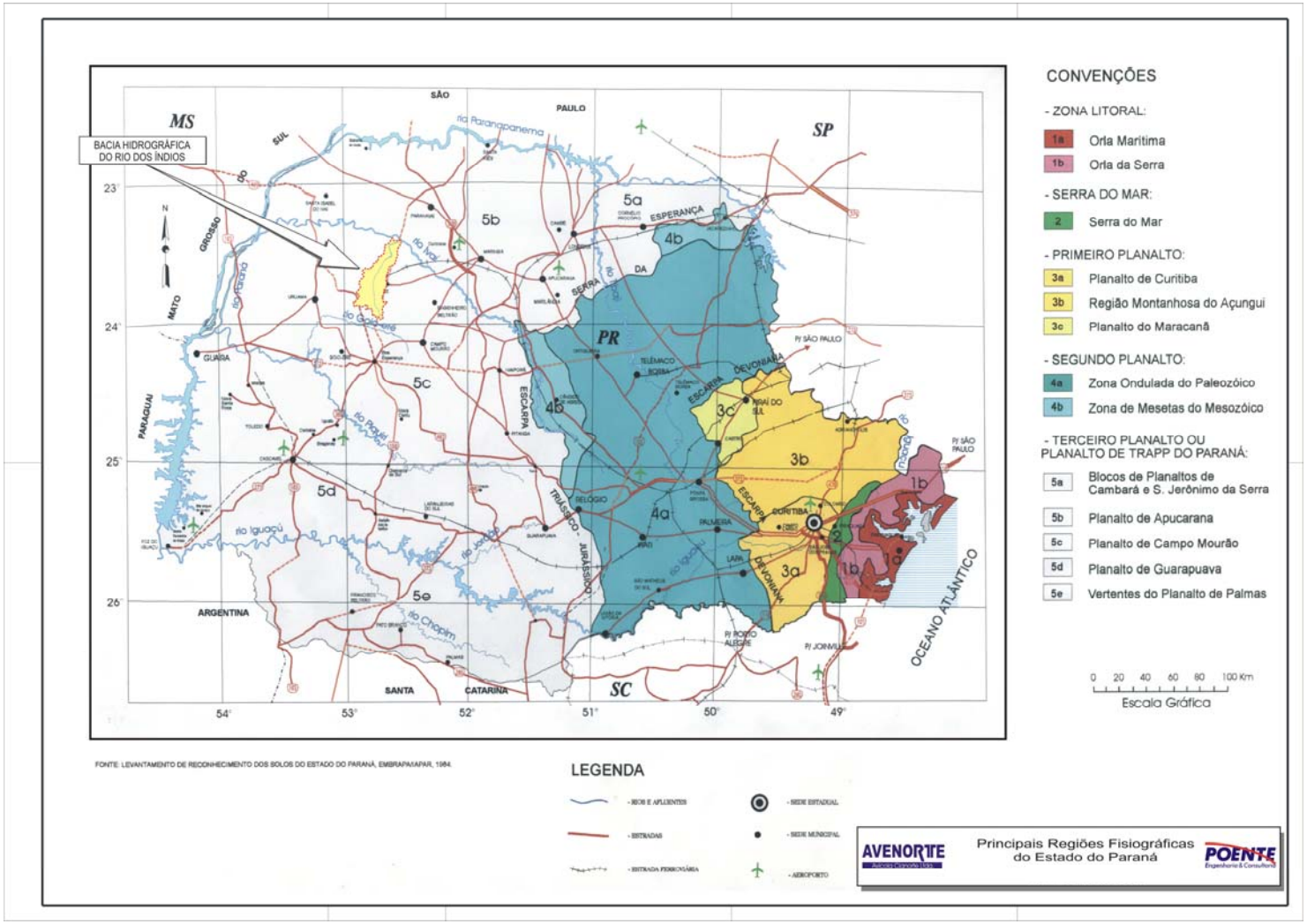


FIGURA 5.31. Regiões Fisiográficas do Estado do Paraná**.**

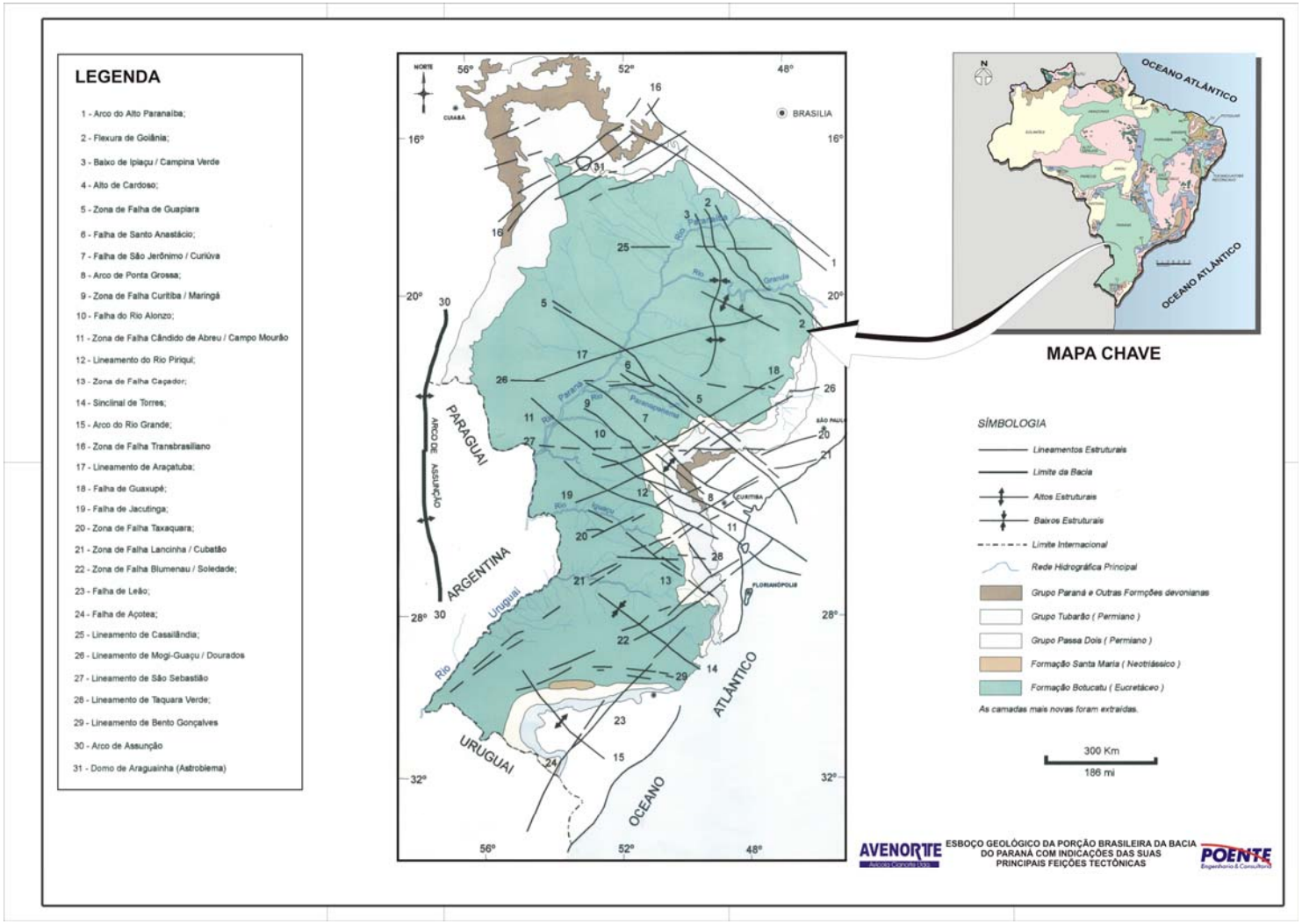


FIGURA 5.32. Esboço Geológico da Bacia do Paraná.

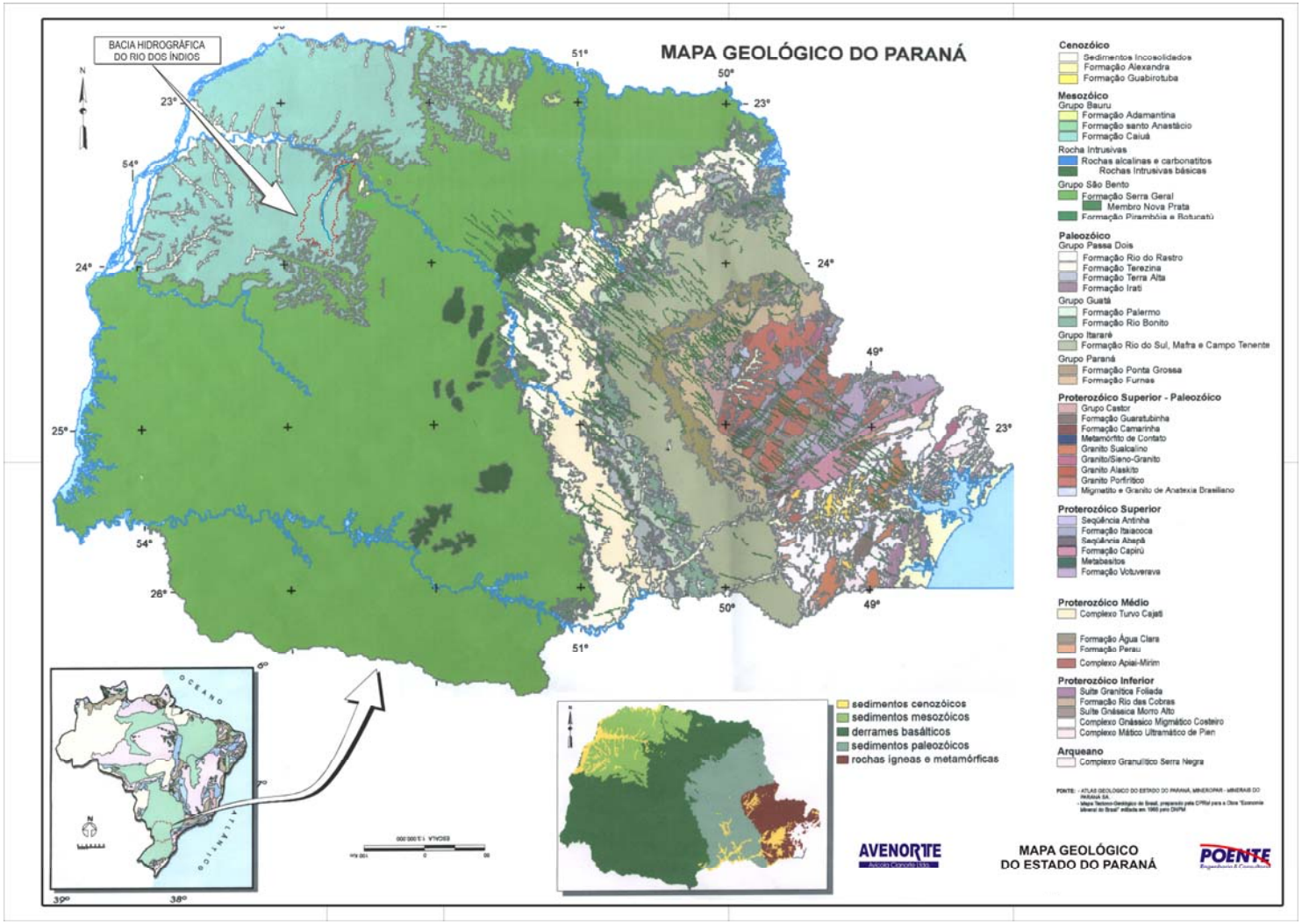


FIGURA 5.33. Mapa Geológico do Estado do Paraná.

- Litoestratigrafia

A área da bacia do rio dos Índios esta situada na porção noroeste do estado do Paraná e apresenta certa monotonia, sob o ponto de vista geológico, posto que ali afloram apenas rochas de parte da seqüência mesozóica da Bacia do Paraná e sedimentos mais recentes de idade cenozóica. Todo o noroeste do Paraná é ocupado por duas formações litologicamente distintas: as eruptivas básicas da Formação Serra Geral e os arenitos da Formação Caiuá.

A Formação Serra Geral, descrita por White em 1908 (Schneider et al. 1974), compreende a espessa seqüência de derrames de lavas basálticas (com intercalações de arenitos e brechas intraformacionais), sobrejacentes às camadas de arenitos eólicos da Formação Botucatu e subjacentes aos sedimentos da Formação Caiuá. Inclui ainda, rochas básicas intrusivas sob a forma de diques e "sills" (diabásios), e lavas ácidas diferenciadas, que não afloram na área.

Estas áreas têm sido entalhadas pelos principais rios da região, ao longo dos quais, localizam-se suas áreas de exposição. Nos interflúvios, encontram-se preservados os arenitos da Formação Caiuá. As áreas de exposição são bastante variáveis. Assim, ao longo do rio Ivaí, o principal curso d'água da região, os basaltos afloram em uma faixa com até cerca de 60 km de largura, que vai se estreitando para oeste, até atingir a corredeira do Ferro, onde se ocultam sob arenitos da Formação Caiuá.

A maior espessura de basalto encontrada foi obtida num poço de petróleo, perfurado pela PAULIPETRO, em Presidente Prudente, SP, onde foram registrados 1.529,0 m. Nesta região, uma perfuração realizada pela mesma empresa, revelou a espessura de 1.162,0 m para os basaltos. Neste poço foi encontrada uma sucessão de 37 derrames, com espessuras variando entre 5 e 100 metros.

Diversas idades têm sido atribuídas para a Formação Serra Geral. As últimas determinações radiométricas K/AR indicam uma idade de 147 m.a. (Jurássico Superior) para o início da atividade, e 120 m.a. (Cretáceo Superior) para a época de vulcanismo mais intenso.

O contato da Formação Serra Geral com a Formação Caiuá é discordante e provavelmente erosivo, como indicam as sondagens realizadas em Porto Primavera (Pontal do

Paranapanema) onde, em locais muito próximos, aparecem desníveis de até 30,0 m no topo do basalto, cuja origem é, provavelmente, não tectônica. Nesse local, foi também verificada a presença de um solo fóssil, sem a presença de brecha de topo dos derrames. Este fato indica que o transporte e sedimentação da Formação Caiuá, não ocorreram durante o fim da atividade vulcânica, havendo um hiato durante o qual ocorreu a erosão e formação do solo.

No estado do Paraná a ocorrência da Formação Caiuá está limitada aos interflúvios Piquiri-Ivaí, Ivaí-Pirapó, Pirapó-Bandeirante do Norte e Bandeirante do Norte-Ribeirão Vermelho, perfazendo uma área de 14.000 km^2. O rio Ivaí caminha exclusivamente sobre esta formação a partir da corredeira do Ferro (a sudoeste de Mirador) até a sua confluência com o rio Paraná.

As maiores espessuras da Formação Caiuá, no estado do Paraná, foram constatadas na região entre o rio Ivaí e o Paranapanema, chegando a 270,0 m. Segundo Stevaux (1993), os lineamentos de direção NW-SE, que atravessam o eixo da Bacia do Paraná, na região noroeste do estado, parecem delimitar compartimentos onde a espessura do arenito varia significativamente.

A Formação Caiuá consiste de arenito fino, com variações locais desde muito fino a grosso, mas com expressiva uniformidade textural. De composição quase que exclusivamente quartzosa, o arenito pode apresentar ainda, microclínio, calcedônia, argila e, mais raramente, moscovita, zirconita, turmalina e plagioclásio.

A feição mais marcante da rocha é a presença de estratificação cruzada de grande porte, chegando a apresentar “sets” de mais de 8,0 m de altura.

Outras estruturas típicas da formação são: a estratificação cruzada acanalada de médio e pequeno porte, marcas onduladas e estratificação plano-paralela associada às porções mais argilosas.

Com relação aos sedimentos cenozóicos existentes na região, podem-se considerar três grandes associações: a cobertura arenosa ubíqua na área, os depósitos aluviais restritos às drenagens atuais e os depósitos rudáceos e arenosos associados às grandes drenagens (rios Ivaí, Paranapanema, Paraná, etc).

O primeiro tipo de depósito vem a constituir o que Popp & Bigarella (1975) denominaram de Formação Caiuá e são formados por areia avermelhada, maciça, com a presença de difusos níveis de argila. Os autores atribuíram a esses depósitos uma origem ligada a processos de coluviação, durante os climas secos do Pleistoceno. Na concepção dos autores, o solo arenoso, desenvolvido durante períodos úmidos a partir da Formação Caiuá, seria transportado para porções mais inferiores das vertentes, durante os intervalos de clima seco. Nesse contexto, as lâminas argilosas, que intercalam o material arenoso, seriam decorrentes de processos de dissipação comuns em ambientes semidesérticos.

Os depósitos aluviais areno-argilosos, associados às drenagens atuais, constituem terraços aluviais muito comuns na drenagem da região. Em alguns locais, esses depósitos chegam a apresentar alguns metros de espessura, podendo conter camadas de argila orgânica ou mesmo turfa. Em sua maioria, esses depósitos encontram-se recobertos por material arenoso de origem coluvial, decorrentes da erosão laminar que começou a afetar a região, após seu desmatamento. Nas áreas de cabeceiras de drenagem, esses depósitos podem apresentar uma maior espessura de argila e matéria orgânica acumulada.

O terceiro tipo de depósitos cenozóicos é constituído pelos cascalhos arenosos e areias seixosas que se distribuem nas porções mais baixas das vertentes que margeiam os rios mais importantes da região. Via de regra, os rudáceos são formados por seixos de arenito silicificado das formações Botucatu e Caiuá, quartzito, ágata, calcedônia e mais raramente por seixos de basalto. Quando associados com areia grossa, esses sedimentos podem apresentar estratificação cruzada planar incipiente, com direção paralela à dos rios atuais.

A coluna estratigráfica da área, mostrada no Quadro 5.3, é formada primeiramente pelos basaltos da Formação Serra Geral, pertencentes ao Grupo São Bento, pelos arenitos da Formação Caiuá e pelos depósitos cenozóicos de origem variada.

QUADRO 5.3. Coluna Estratigráfica da Região Noroeste do Estado do Paraná.

Cronologia		Estratigrafia	
Cenozóico	Quaternário	Depósitos Sedimentares Continentais	Depósitos Aluviais
			Formação Paranavaí
	Terciário		Depósitos Rudáceos, associados às grandes drenagens
Mesozóico	Cretáceo Médio	Grupo Bauru	Formação Caiuá
	Cretáceo Inferior	Grupo São Bento	Formação Serra Geral
	Jurássico Superior		

- Aspectos Tectônico-Estruturais

A região não apresenta elementos estruturais ou tectônicos de maior importância, tais como falhamentos e arqueamentos. No entanto, a área situa-se no prolongamento para noroeste do eixo do Arco de Ponta Grossa, importante feição tectônica que tem sua área de ocorrência evidenciada no leste do estado do Paraná. A Figura 5.32, apresentada anteriormente, exibe a situação das principais feições tectônicas da Bacia Sedimentar do Paraná, no sul do país, incluindo aí, toda a região do estado do Paraná.

A área é atravessada pelos lineamentos NW-SE, que permaneceram ativos durante a história geológica da área e cuja manifestação pode ser evidenciada por diferenciação de isópacas da Formação Caiuá, pela orientação dos sistemas de fraturas e pequenas falhas, orientação de relevo, e principalmente pelo traçado das grandes drenagens. A principal estrutura da região, provavelmente, seja o contato da Formação Serra Geral e Formação Caiuá. Como pode ser observado em alguns perfis geológicos regionais disponíveis, há um suave mergulho (com cerca de 3^0) dessa superfície no sentido W. Esse monoclinal é reconhecido, em outras áreas, e representa o mergulho regional do flanco leste da Bacia do Paraná.

Outro elemento estrutural bastante freqüente é o fraturamento atectônico das rochas basálticas, fraturamento este relacionado à própria natureza e dinâmica de sedimentação/movimentação (fluidez) e resfriamento dos derrames. Dois tipos principais de estruturas atectônicas ocorrem nessa rocha, sendo que o primeiro, compreende o fraturamento subhorizontal, que é característico do topo e da base dos derrames, formado à custa das isotermas

durante o resfriamento. O segundo grupo, de características predominantes, é o fraturamento subvertical de pequena extensão (até 3,0 m), representado, preferencialmente, pelas superfícies de ruptura das disjunções colunares.

Em fotografia aérea e imagens de satélite, é possível identificar pequenos lineamentos que variam entre uma centena e um milhar de metros e, geralmente, constituem lineamentos de drenagens. Muito embora não apresentem uma orientação preferencial muito definida, nota-se uma ligeira predominância da direção N55°E e, secundariamente, da direção normal N54°W, conforme pode ser observado pela análise do diagrama de rosáceas apresentado na Figura 5.34 a seguir, obtida a partir da extração de lineamentos estruturais fotointerpretados, ANEXO MAPAS - PBA-RDI-011.

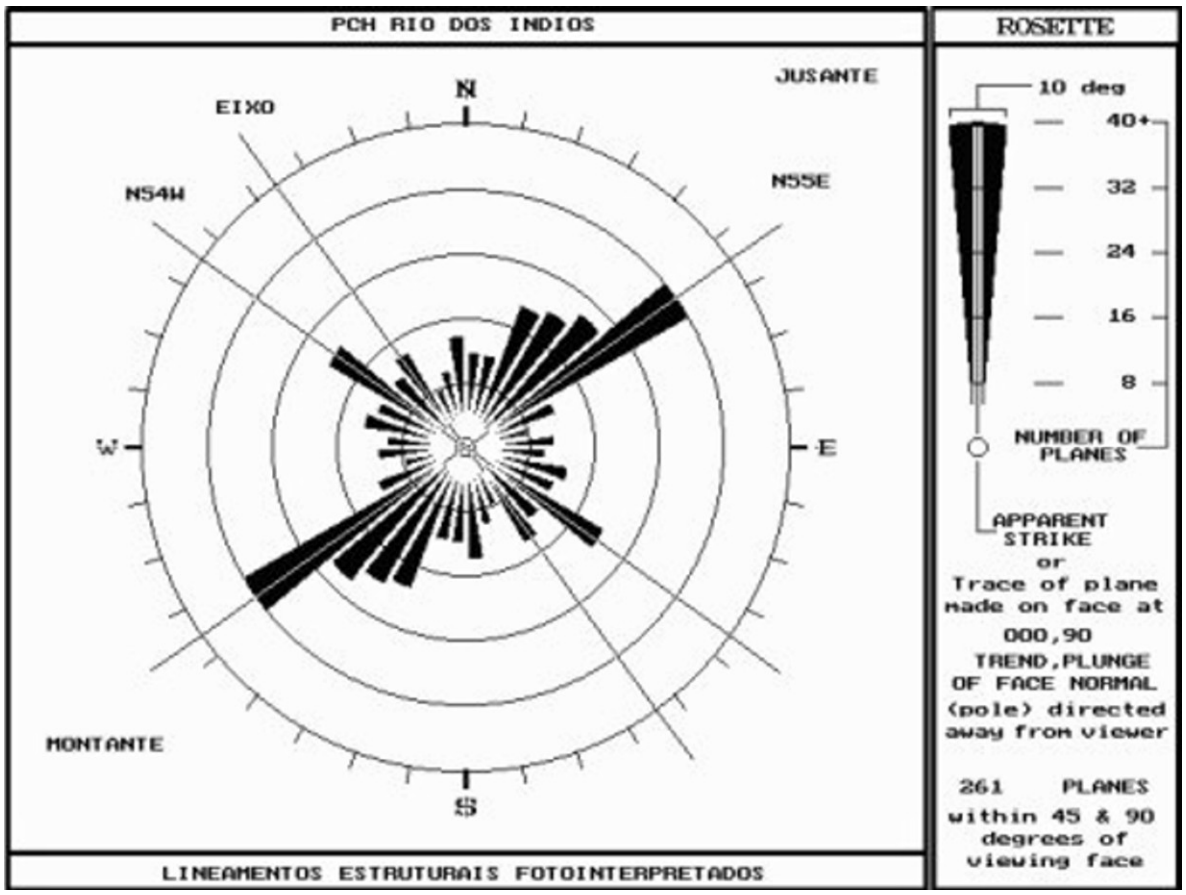


FIGURA 5.34. Diagrama de Rosáceas dos Lineamentos Estruturais Fotointerpretados.

Aspectos Geológico-Geotécnicos da Área do Reservatório

O reservatório da PCH Rio dos Índios apresenta dimensões relativamente pequenas, sendo projetado com capacidade normal para armazenar aproximadamente 10,08 milhões de m^3 de água, cobrindo uma superfície de cerca de 2,16 km^2, com comprimento da ordem de 5,8 km e largura média de 30,0 metros.

O reservatório irá ocupar uma porção relativamente suave do vale do rio dos Índios, com encostas suaves, levemente onduladas, com perfis convexos e declividades inferiores a 20%. Localmente, no entanto, podem ocorrer quebras no perfil de declividade, decorrentes dos contatos geológicos entre os derrames basaltos posicionados na calha do rio e as rochas areníticas em geral marcando o topo dos morros.

O rio apresenta sua calha rochosa, recoberta por solos aluviais silto-arenosos, que se estendem, localmente, para além de suas margens formando planícies e terraços marginais. A declividade do rio, a montante da região do barramento projetado, é em geral da ordem de 1m/km (aproximadamente 5-6%) ao passo que no trecho a jusante é da ordem de 8,6m/km. Neste segundo trecho concentram-se as quedas e cachoeiras* decorrentes da erosão do substrato basáltico.

As encostas são em geral recobertas por solos de natureza coluvial/laterítica, constituídos por argilas e argilas siltosas, de coloração vermelha a marrom avermelhada, com pedregulhos milimétricos de quartzo, calcedônia e fragmentos de rochas basálticas e areníticas alteradas. Junto às porções íngremes e escarpamentos rochosos, formam-se verdadeiros depósitos de tálus onde podem estar presentes matacões decimétricos a métricos. A presença de ravinamentos e erosões rasas, às vezes evoluindo para voçorocas, principalmente associadas ao escoamento superficial concentrado, evidencia a propensão destes materiais aos processos erosivos, indicando atenção especial. Quando ocorrem junto às margens do rio, e nas regiões mais íngremes, podem exibir feições de desmoronamento e rupturas originadas nos períodos de cheias, o que indica atenção especial também aos seus aspectos de estabilidade.

* Citações Locacionais como, por exemplo, a cachoeira, a ponte, a sondagem e o maciço rochoso, terão suas fotografias disponíveis no ANEXO

Sotopostos aos solos coluviais ocorrem solos residuais e saprolíticos, constituídos por argilas e silte-argilosos, de coloração marrom amarelada a marrom escura a avermelhada, às vezes rosada, com espessuras variáveis, podendo atingir vários metros ou apresentarem-se ausentes, caso este em que os materiais coluviais assentam-se diretamente sobre o topo rochoso. Apresentam características aceitáveis de resistência aos processos erosivos, o que, no entanto, não elimina a ocorrência de sulcos erosivos e ravinamentos localizados principalmente associados à abertura de acessos sem a correta captação e redirecionamento das águas pluviais.

Junto à calha do rio, ocorrem pequenas aluviões e terraços aluviais, de granulometria predominantemente arenosa a silto-arenosa e coloração esbranquiçada a cinza esbranquiçada, alguns com leitos de cascalhos basais, cujas dimensões e espessuras mostraram-se bastante restritas nas etapas dos trabalhos de campo. Constituem depósitos inconsistentes a parcialmente consistentes e, via de regra, susceptíveis aos processos erosivos, o que não se tornará um problema expressivo, pois ficarão restritos ao fundo do lago.

As características do solo observadas nas etapas de campo (mapeamento geológico-geotécnico de superfície) mostram solos coluviais/lateríticos e solos residuais/saprolíticos onde, localmente, são observados processos de erosão por ravinamento, principalmente relacionados às aberturas de estradas sem dispositivos de coleta e direcionamento de águas pluviais, além de processos de erosão laminar provocados pela supressão da vegetação e agravados pela intensa exploração agropecuária. Estes indícios, embora na maioria dos casos incipientes e de ocorrência pontual, justificam atenção especial em relação aos aspectos de erodibilidade e estabilidade das encostas marginais do futuro reservatório, principalmente se instalados na sua faixa de deplecionamento.

No que diz respeito aos aspectos de estanqueidade do futuro reservatório, a principal condicionante diz respeito aos contatos entre os derrames basálticos que por ventura, venham a se apresentar abertos e permeáveis. A água, neste caso, pode encontrar comunicação com a superfície do contato através do sistema de fraturas e diaclasamento da rocha, podendo, de certa forma, comprometer o enchimento do futuro lago. Estes aspectos deverão ser avaliados de forma específica nas etapas futuras de investigações de forma a se identificar os possíveis horizontes e de se quantificar a perda d'água nestas superfícies.

Aspectos Geológico-Geotécnicos do Local do Aproveitamento

As características geológicas e condicionantes geotécnicos aqui apresentados foram fundamentados, a partir do mapeamento sistemático de superfície e nos serviços de investigações de sub-superfície executados na atual etapa de projeto básico dos estudos, bem como da experiência da equipe do projeto em sítios semelhantes, devendo tais informações ser consolidadas nas etapas futuras de projeto, através de investigações complementares, visando a definição e quantificação das principais condicionantes geotécnicas apontadas em relação à fundação das estruturas projetadas.

Campanha de Sondagens Realizadas

Foram executados 03 furos de sondagem à percussão com 08 deslocamentos, totalizando 22,94 metros de perfuração em diâmetro $2^{1/2}$'' e 03 furos de sondagem mista, com a perfuração de 14,45 metros em solo e 26,24 metros em rocha conforme consta no ANEXO - INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS; tendo sido realizados 06 ensaios de perda d'água sob pressão em rocha, sendo 2 em cada furo. No total, foram perfurados 63,63 metros, conforme quantitativos apresentados no Quadro 5.4.

Aspectos Geológicos e Geotécnicos Predominantes

Descreve-se a seguir os principais aspectos morfológicos, litológicos, estruturais e geotécnicos dos locais previstos para implantação das diversas estruturas que compõem o aproveitamento PCH Rio dos Índios.

Morfologia do Local

O rio dos Índios apresenta curso sinuoso, com vale aberto e encostas suaves. Seu vale é marcado pelo sucessivo entalhamento do sistema fluvial, onde podem ser observadas, basicamente, três morfologias distintas à medida que se caminha do leito do rio em direção às porções da alta encosta.

QUADRO 5.4. Resumo dos Quantitativos Executados.

PCH RIO DOS ÍNDIOS						
Furo	**Local**	**Prof. Solo (m)**	**Prof. Rocha (m)**	**Total (m)**	**S.P.T**	**E.P.A**
SP-01	CANAL DE ADUÇÃO	1,35		1,35	1	
SP-01A	CANAL DE ADUÇÃO	1,40			1	
SP-01B	CANAL DE ADUÇÃO	1,38			1	
SP-01C	CANAL DE ADUÇÃO	1,30			1	
SP-01D	CANAL DE ADUÇÃO	1,42			1	
SP-02	CANAL DE ADUÇÃO	9,13		9,13	9	
SP-03	CANAL DE ADUÇÃO / CÂMARA DE CARGA	1,90		1,90	1	
SP-03A	CANAL DE ADUÇÃO / CÂMARA DE CARGA	1,30			1	
SP-03B	CANAL DE ADUÇÃO / CÂMARA DE CARGA	1,42			1	
SP-03C	CANAL DE ADUÇÃO / CÂMARA DE CARGA	1,13			1	
SP-03D	CANAL DE ADUÇÃO / CÂMARA DE CARGA	1,21			1	
SM-01	OMBREIRA DIREITA	3,50	6,91	10,41	3	2
SM-02	OMBREIRA ESQUERDA	9,70	8,80	18,50	9	2
SM-03	CASA DE FORÇA	1,25	10,53	11,78	1	2
Total		**37,39**	**26,24**	**63,63**	**32**	**6**

Nas proximidades da calha do rio, as declividades mostram-se suaves, com paredões e escarpas rochosas localizadas, ao passo que na região da média a alta encosta, as declividades mostram-se relativamente homogêneas, com ligeiras quebras de relevo que denunciam a sucessão de derrames basálticos e o contato com a formação arenítica sotoposta (Formação Caiuá). Para o alto das encostas, observam-se superfícies tabulares que formam a unidade de topos planos nos interflúvios mais expressivos da região.

O substrato rochoso é composto basicamente por rochas basálticas maciças e amigdalóides, estruturadas em derrames tabulares horizontais. A erosão regressiva promove o entalhamento do rio de acordo com a facilidade ou dificuldade com que escava os sucessivos derrames, formando cachoeiras e corredeiras à medida que encontra dificuldade na escavação do derrame superior em contrapartida ao inferior. Esta dinâmica erosiva constitui o principal mecanismo morfológico da região.

O controle estrutural ao qual está submetida a rede de drenagem, é evidenciado pela retilinização de segmentos dos rios, pelas inflexões bruscas e pela ocorrência generalizada de lajedos, corredeiras, saltos, quedas e ilhas. Também a justaposição de litologias de diferentes gêneses (sedimentar e vulcânica) no mesmo nível altimétrico aponta para a importância da estrutura na elaboração do relevo local.

Características Geológicas e Geotécnicas das Fundações

- Lito-Estratigrafia e Estruturas

O maciço rochoso da região é observado principalmente nas exposições da cachoeira e na região da casa de força, onde aflora na margem direita do rio dos Índios, a montante da ponte e a partir da amostragem possibilitada pelos testemunhos das sondagens mistas executadas.

Na região da cachoeira constitui-se de um basalto denso, maciço, de coloração negro-acinzentada, e granulação fina (afanítica). Localmente observam-se níveis amigdaloidais, o que pode sugerir a presença e individualização de derrames ou subderrames. As amígdalas são milimétricas a centimétricas, em formas esferoidais a ovaladas, tendo uma auréola externa branca representada por material cristalino e um núcleo argiloso de coloração verde oliva.

Na região da casa de força, o maciço rochoso aflorante e observado na sondagem SM-03 (ver fotografia do testemunho no ANEXO - RELATÓRIO FOTOGRÁFICO) é constituído por um basalto vesículo-amigdaloidal, de coloração marrom clara, com amígdalas milimétricas a centimétricas preenchidas por zeólitas, calcita, calcedônia e quartzo. Quando alteradas, as amígdalas exibem coloração cinza-esverdeada, possivelmente decorrente da alteração em cloritóide. Na matriz rochosa, é possível verificar grande ocorrência de cristais ripiformes, possivelmente de feldspatos, que se apresentam em variados graus de alteração, geralmente em produtos esbranquiçados argilosos (caulim). A aparência geral da rocha assemelha-se às rochas vulcânicas ácidas, características do topo da seqüência de derrames basálticos.

Na região do barramento, foram observadas duas litologias distintas. Na margem direita (SM-01) foi interceptado pela sondagem uma rocha arenítica silicificada, muito consistente e de difícil perfuração, avermelhado a marrom-avermelhado, constituído de grãos mal

selecionados de quartzo, calcedônia, feldspato, fragmentos de rochas basálticas alteradas e minerais opacos como acessórios. A granulometria varia de média a grossa e a matriz argilosa. Embora não tenham sido realizadas lâminas e observações microscópicas, nota-se a baixa maturidade textural e mineralógica deste arenito indicando pouco transporte. A rocha apresenta estruturação maciça, sem estratificações perceptíveis e seus contatos com as rochas adjacentes não foram interceptados pelas sondagens ou observados nos trabalhos de campo.

Já na margem esquerda da região do barramento (SM-02) observou-se uma rocha basáltica densa, de coloração cinza claro a escuro, de estruturação maciça e textura afanítica, com alguns níveis amigdaloidais dispersos. Estas diferentes litologias, observadas uma em cada margem do rio, na região do barramento, indicam a necessidade de novos estudos nas etapas futuras do aproveitamento para se caracterizar a geometria de contato entre estas unidades, sua continuidade lateral e a presença (ou não) de estruturas tectônicas na região do leito do rio, na região do barramento, conforme interpretado na seção da estrutura em questão. Também a caracterização quanto aos aspectos de resisitência, percolação e estabilidade destes contatos e possíveis descontinuidades, deverão ser posteriormente investigadas, pois representam uma importante condicionante geológica para o aproveitamento.

Estruturalmente, os basaltos apresentam-se maciços e densos, mas nota-se certo diaclasamento colunar em sua estrutura, caracterizado pela geração de formas poliédricas vistas em planta e por colunas quando visto em perfil. Apesar de se tratar de uma descontinuidade, caracteriza-se por ter superfícies fechadas ou parcialmente abertas, estas últimas principalmente nos níveis superiores do maciço rochoso.

A conjugação do diaclasamento com o intemperismo sofrido pelas rochas basálticas acaba por gerar uma feição típica em rochas de estrutura maciça e isotrópica, a esfoliação esferoidal, que origina formas arredondadas e concêntricas que se assemelham a cascas de cebola. Este processo é responsável ainda pela geração dos blocos de rocha sã a parcialmente alterada de formas arredondadas no meio do solo de alteração, onde o ataque intempérico se dá nas quinas e cantos das descontinuidades e ainda, de forma geral, pela forma arredondada dos afloramentos no meio das encostas. Quase toda a região de implantação do canal de adução, principalmente na região da mata, é marcada pela ocorrência de blocos arredondados, formando, localmente, pequenos campos de matacões.

No terço final da região de implantação do canal de adução, ocorrem blocos de rocha arenítica fina a média, de coloração avermelhada a rosada, constituído, aparentemente, por quartzo e fragmentos milimétricos angulosos de rochas basálticas e por minerais opacos. Sua densidade é relativamente menor se comparada com as rochas basálticas e areníticas silicificadas, porém seu aspecto poroso lembra rochas afiliadas à suíte vulcânica. Esta seqüência é aqui identificada como uma brecha sedimentar, posicionada, possivelmente entre dois derrames basálticos. Outra interpretação possível é que estes materiais associem-se à Formação Caiuá, presente principalmente nos topos dos interflúvios da região. Esta questão deverá ser abordada nas etapas subseqüentes dos trabalhos, pois estes materiais deverão constituir parte da fundação do canal de adução, embora, pelas observações de superfície, apresentam características adequadas do ponto de vista de capacidade de suporte.

Os desenhos constantes no ANEXO MAPAS - PBA-RDI-012 e PBA-RDI-013, apresentam o mapeamento superficial e as seções geológicas interpretadas com base nas informações de superfície e na interpretação das investigações realizadas.

Constituição das Fundações Locais

Horizonte de Cobertura do Maciço Rochoso

Solos Transportados (Colúvios/Aluviões)

Os solos coluvionares/lateríticos (CO) apresentam uma granulometria predominantemente argilosa a argilo-arenosa com pedregulhos de rochas basálticas e areníticas e fragmentos de quartzo e concreções silicosas. A coloração é vermelha a marrom avermelhada, devendo seus valores de consistência variar de mole a média e raramente rija. Os valores estimados de condutividade hidráulica deverão ser de grau moderado (H3), podendo-se, no entanto, serem encontrados valores altos (H4).

No sítio do barramento ocorrem generalizadamente, em ambas as ombreiras com espessuras inferiores a 1,0 m no alto das ombreiras, assentando-se sobre os solos residuais e saprolíticos. Em geral, sua consistência é muito mole a mole. Na região da baixa encosta assentam-se diretamente sobre o topo rochoso ou interdigitados aos depósitos e terraços aluviais. As atividades agrícolas revolveram o solo coluvionar dificultando sua identificação e caracterização, como por exemplo, na região das ombreiras, parte do canal de adução e na região da casa de

força. O melhor ponto de observação destes solos é na mata existente na margem esquerda, onde é possível identificar ainda uma série de blocos de basaltos dispersos.

Além destes materiais, ocorrem depósitos aluviais recentes e terraços antigos situados junto às margens ou no leito do Rio dos Índios (AL/TAL). Constituem-se de depósitos silto-arenosos fofos, inconsistentes e inconsolidados ou parcialmente consolidados, com freqüentes leitos de cascalhos basais e camadas argilosas no topo, às vezes formando pequenos terraços marginais. Encontram-se, por vezes, interdigitados e intercalados aos materiais coluviais e estão sujeitos aos freqüentes retrabalhamentos promovidos pelas variações do nível d'água do rio.

Solo Residual / Saprolítico

Os solos residuais distribuem-se, em superfície, de forma bem marcante nas encostas de toda a área. Constituem solos de granulometria argilo-siltosa a silto-argilosa, com consistência mole a média e localmente rija. Sua coloração é marrom avermelhada. As espessuras máximas encontradas são da ordem de 3,50m para a ombreira direita e 8,0m para a esquerda. Seus valores de permeabilidade deverão enquadrar-se também na faixa de grau médio a baixo (H3-H2). Guardam geralmente a textura da rocha original, sendo possível identificar pontos verdes e brancos correspondentes às amigdalas existentes na rocha original.

O material saprolítico é caracterizado predominantemente por apresentar muito bem preservadas as estruturas da rocha original, apresentando, geralmente, coloração cinza a esverdeada, em tons esmaecidos, granulometria mais siltosa e com alguma contribuição arenosa, e seus valores de consistência são elevados (rijos a impenetráveis à percussão). Suas espessuras são reduzidas, representando a transição entre os materiais de cobertura e o topo do maciço rochoso. No mapeamento geológico de superfície optou-se por não se diferenciar as classes de solo residual/saprolítico e saprolito, devido a grande semelhança existente entre estes materiais e sua difícil separação na escala de trabalho adotada.

Embora sejam esperados baixos valores de permeabilidade, há de se salientar que em alguns trechos a grande ocorrência de descontinuidades pode gerar perdas expressivas d'água, o que demanda a execução de ensaios de permeabilidade nas etapas futuras de projeto para a melhor caracterização deste horizonte.

Maciço Rochoso de Fundação

As rochas presentes no sítio de implantação do aproveitamento foram anteriormente descritas do ponto de vista geológico, cabendo neste item, uma descrição sob a ótica dos aspectos geotécnicos e geomecânicos das rochas do local, como forma de subsidiar o item subseqüente dos tratamentos previstos nas fundações de cada estrutura que compõe o aproveitamento.

O maciço rochoso observado na região é representado, em parte, por derrames de rochas basálticas, que neste caso evidenciam estruturas maciças a vesículo-amigdaloidais. Os contatos entre os sucessivos derrames podem apresentar-se abertos ou parcialmente abertos, os mesmo preenchidos por materiais laváveis (solos), principalmente quando ocorrem na zona aliviada do maciço rochoso (zona de transição) ou se expostos na superfície. O diaclasamento colunar característico das rochas basálticas não foi evidenciado na área em questão, não se devendo, contudo, descartar-se a possibilidade da ocorrência localizada destas zonas.

Ocorrem também rochas areníticas silicificadas, de coloração marrom-avermelhada, presentes na margem direita da região do barramento, observada pela sondagem SM-01 e que podem corresponder a arenitos intertrapeados nos basaltos, o que poderia explicar seu alto grau de silicificação. A geometria destes corpos e suas relações de contato com as rochas basálticas não puderam ser elucidadas na presente etapa, devendo ser alvo de levantamento específico nas etapas futuras de projeto.

Ainda a presença de uma rocha com características de baixa densidade, aspecto poroso e coloração rosada, denominada de brecha basáltica e/ou sedimentar com característica geotécnica e geomecânica inferior aos demais materiais rochosos da região incrementa a condicionante geológica da região, principalmente no que tange a percolação por estas superfícies.

Na região das margens do rio, o contato com os solos de cobertura é brusco e aberto e as características de oxidação observadas nas superfícies indicam serem estas zonas de permeabilidades a serem consideradas. Estas feições são mais bem observadas no topo da cachoeira.

As profundidades de ocorrência do topo do maciço rochoso variam de aflorante a subaflorante, na região do leito do rio, sendo, no entanto, esperadas profundidades da ordem de 10,0 a 15,0 m na região do alto das ombreiras e em trechos do canal de adução.

Dentro da ótica da classificação geomecânica podem ser individualizados três classes distintas de maciço rochoso para a região, de acordo com as suas características de alteração/decomposição, consistência/resistência e fraturamento: maciço decomposto, pouco decomposto e são, descritos a seguir:

- Maciço Decomposto

Aqui representado por rocha muito decomposta (D4), pouco consistente (C4), extremamente fraturada (F4/F5), podendo conter níveis e passagens saprolíticas centimétricas. A condutividade hidráulica é estimada como muito alta a alta (H5-H4) e sua espessura deverá mostrar-se muito reduzida a ausente na maioria dos casos. A espessura observada nos afloramentos às margens do rio dos Índios, a montante da ponte de madeira nas proximidades da qual está projetada a casa de força é de cerca de 50 cm para este horizonte, ou mesmo ausente, como no caso da SM-03. Já na barragem - ombreira esquerda; observou-se uma espessura da ordem de 1,5m para o horizonte superior do maciço basáltico.

- Maciço Pouco Decomposto

Trata-se de horizontes de rocha pouco a moderadamente decomposta, (D2/D3), medianamente consistente a pouco consistente (C2/C3), muito fraturada a extremamente fraturada (F4/F5) e condutividade hidráulica de grau médio a baixo (H2-H1). Ocorre imediatamente subjacente ao maciço decomposto, em passagem gradual a brusca, sendo que, em alguns pontos, ocorre aflorando no terreno. As espessuras observadas são também reduzidas, inferiores a 3,0 m nas exposições da cachoeira, podendo apresentar, contudo, níveis centimétricos decompostos e permeáveis em seu interior, representando juntas de alívio de tensões do maciço. Apresenta em geral espessuras centimétricas, e em termos litológicos é mais expressivo nas rochas vesículo-amigdaloidais.

- Maciço São

Correspondem a rochas pouco decompostas a sãs, (D1/D2), muito consistentes a consistentes (C1/C2), pouco fraturadas a fraturadas (F1–F3), e com grau de condutividade hidráulica muito baixa a baixa (H1). Em função das investigações realizadas admite-se que este maciço seja atingido a profundidades médias da ordem de 4,0 m para a região de coroamento da ombreira direita, 12,0 m para o coroamento da ombreira esquerda e 6,0m para a região da casa de força.

É importante salientar que, em função das variações de composições observadas nas rochas basálticas da região, poderão ocorrer variações das classes ora identificadas, devendo haver um acréscimo de espessuras dos dois horizontes superiores em função da maior presença, por exemplo, de amígdalas de materiais carbonáticos por serem mais instáveis frente aos processos intempéricos. Ainda, do ponto de vista dos materiais naturais de construção, deverão ser preferidos os materiais densos, sem estruturas amigdaloidais, uma vez que seus preenchimentos são, via de regra, potencialmente susceptíveis às reações com os álcalis do cimento.

Tratamentos Previstos nas Fundações

Geral

Neste item, são descritos os tratamentos previstos em função das características geológicas e condicionantes geotécnicos observadas na fundação de cada estrutura. Torna-se necessário, entretanto, a consolidação destas informações com a realização de novas investigações por meio de sondagens diretas e indiretas para o projeto definitivo das estruturas.

Prevê-se também que haja um acompanhamento através de mapeamento geológico-geotécnico à época de construção, à medida dos avanços das escavações, para conseqüente aferição e otimização dos tratamentos propostos.

Para melhor entendimento e visualização sugere-se que sejam consultados os desenhos das seções longitudinais de cada estrutura, bem como os perfis individuais das sondagens

e fotografias dos testemunhos das sondagens mistas, apresentados no ANEXO - INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS.

Região do Barramento

- Ensecadeiras e Barragem de Terra

As condições de fundação da barragem de terra e ensecadeiras são boas face às solicitações impostas pelas estruturas.

A fundação das ensecadeiras poderá assentar-se parcialmente sobre solos coluviais e residuais com capacidade de suporte média a alta (SPT superior a 10 golpes) devendo ser removida toda a camada com valores de SPT inferiores a 06 golpes. A camada de solo coluvionar remanescente deverá ser previamente compactada com rolo antes do lançamento da primeira camada do aterro. Já os materiais aluviais, deverão ser integralmente removidos da fundação das estruturas.

A fundação das estruturas da barragem de terra deverá assentar-se sobre solos residuais dos basaltos, com valores médios de SPT superiores a 20 golpes. Estes solos exibem, no geral, granulometria argilosa a silto-argilosa e seus valores de permeabilidade deverão ser baixos a médios (H2-H3).

Os materiais de cobertura (solos coluviais e residuais), decorrentes das escavações obrigatórias, em virtude das boas características geotécnicas apresentadas, poderão ser aplicados nas estruturas de desvio, ou mesmo nas regiões menos nobres da estrutura de barramento.

A princípio não são previstos tratamentos adicionais além destes citados para a fundação dos aterros projetados.

- Vertedor de Soleira Livre e Galeria de Desvio

Os materiais aluviais que ocorrem na região do leito do rio e terraços adjacentes, deverão ser integralmente removidos, não devendo, em hipótese alguma, constituírem fundação

das estruturas de concreto projetadas. As fundações destas estruturas se darão em maciço (basalto denso e arenito silicificado) pouco decomposto (D1/D2), podendo apresentar-se, localmente, muito fraturado (D1/D2 - F2/F4).

O maciço rochoso, após remoção de todo material solto, deverá ser tratado superficialmente com acerto dos taludes remanescentes, quer pelo retaludamento com concreto, quer pela remoção com equipamentos ou por meio de fogachos, sendo suas fissuras, cavidades ou depressões, preenchidas com caldas ou argamassas de cimento.

Nos pisos e paredes do canal são previstos os procedimentos convencionais de limpeza fina e tratamentos superficiais (retirada de níveis decompostos e fragmentados, regularização por concreto, etc), de modo a assegurar boas condições de fundação para o assentamento da estrutura de concreto da galeria.

Embora não se tenham dados finais a respeito da interpretação e características da zona de contato entre as rochas basálticas a areníticas da região do barramento/vertedouro, prevê-se uma cortina de injeção para a impermeabilização das possíveis descontinuidades abertas existentes neste contato. Estudos futuros deverão caracterizar, de forma adequada, a posição espacial, geometria e parâmetros deste contato, admitido, inicialmente, como uma falha vertical posicionada na região central do leito do rio.

Circuito de Adução

- Tomada D'água

Devido às grandes espessuras de solo encontradas para a região da tomada d'água, prevê-se a utilização de fundação do tipo indireta para que a estrutura seja assentada no topo do maciço rochoso, que ocorre a profundidades da ordem de 10,0m nesta região.

- Canal de Adução

A escavação do canal de adução dar-se-á sobre solos residuais, saprolíticos e saprolitos com capacidade de suporte adequado às solicitações que lhe serão impostas. Em alguns

locais, poderá ser assente sobre o maciço rochoso, exigindo escavação rochosa localizada. Assim, não são previstos tratamentos sistemáticos na fundação do canal de adução.

Para os taludes laterais acima do nível d'água, prevê-se a aplicação dos tratamentos de proteção superficial e drenagem usualmente aplicados para este tipo de estrutura, como plantio de gramas, hidrossemeadura e coleta/redirecionamento das águas pluviais.

Região da Casa de Força e Canal de Fuga

- Câmara de Carga

A fundação da câmara de carga será constituída por rochas basálticas entremeadas por brechas sedimentares arenosas, com capacidade de suporte e resistência adequados frente às dimensões e solicitações da estrutura, não sendo previsto tratamento adicional além de limpeza e preparo da superfície rochosa para concretagem.

- Conduto Forçado

Também para a região do conduto forçado não são previstos tratamentos sistemáticos em suas fundações, devendo as estruturas de apoio e berços da tubulação forçada serem assentadas, no mínimo em saprolito de basalto, que deverão ocorrer a profundidades inferiores a 2,0 metros.

- Casa de Força e Canal de Fuga

Também não são previstos tratamentos adicionais para a fundação da casa de força além de limpeza e preparo da superfície para concretagem, devendo sua fundação dar-se em maciço basáltico são a pouco alterado.

Para os taludes em solo do canal de fuga, prevê-se a aplicação dos tratamentos de proteção superficial com o plantio de gramas e hidrossemeadura nos trechos situados acima do nível d'água e aplicação de enrocamentos de proteção nos trechos situados na faixa de variação do nível d'água.

Materiais Naturais de Construção (ANEXO MAPAS - PBA-RDI-013)

Geral

O enfoque principal do presente tópico é a identificação das áreas potenciais para exploração dos materiais naturais de construção necessários à implantação da PCH Rio dos Índios. Adotou-se como limite das pesquisas, distância de exploração inferior a 15 km do ponto de aplicação e áreas situadas, preferencialmente, abaixo da linha d'água do futuro reservatório.

O desenho ANEXO MAPAS - PBA-RDI-015 apresenta a localização das áreas de empréstimo, jazidas e pedreiras com potencial para aproveitamento na implantação do empreendimento.

Salienta-se que o sítio de implantação do aproveitamento e cercanias é relativamente rico em solos para constituição de aterros e rochas para a constituição de agregados e para aplicação direta. No entanto, em virtude dos volumes relativamente reduzidos demandados pelo projeto, foram obtidas também informações de fontes comerciais produtores dos materiais naturais de construção nas vizinhanças do empreendimento. Como a abertura de áreas para exploração dos recursos naturais de construção está sujeita aos trâmites usuais de estudos e licenciamento ambiental, incluindo-se nestes a instalação, operação e desativação, a existência de fontes comerciais destes materiais nas imediações do empreendimento pode contribuir de forma positiva para as questões econômicas do empreendimento.

Áreas de Empréstimo

Em ambas as margens do rio dos Índios ocorrem várias áreas de empréstimos constituídas predominantemente por solos coluviais/lateríticos e solos residuais, ambos argilosos e passíveis de serem aplicados em aterros compactados. As espessuras dos depósitos são consideráveis, ultrapassando uma dezena de metros, o que permitirá a abertura de áreas relativamente curtas e situadas abaixo da linha d'água do reservatório projetado.

As características para utilização como materiais de engenharia parecem adequadas e, como primeira estimativa, pode-se considerar que o volume disponível para exploração deste material supera em muito as demandas exigidas pelas estruturas de terra.

- Pedreiras

As melhores áreas para obtenção dos materiais rochosos são aquelas nas quais ocorrem os derrames do tipo denso, onde a rocha mostra-se em geral sã e com excelentes qualidades para uso em obras de engenharia e com coberturas pouco espessas. As rochas areníticas silicificadas constituem também, pelo menos pelas avaliações iniciais, excelentes materiais para aplicação nos concretos das estruturas projetadas. Ambas, no entanto, deverão ser devidamente caracterizadas como materiais de construção através da realização de ensaios físicos e químicos nas etapas futuras dos estudos.

Alternativamente, existe na região uma pedreira em atividade, denominada de Pedreira São Tomé, que fornece diferentes tipos de agregados miúdos e graúdos e que tem potencialidade para suprir a demanda do projeto a custos relativamente competitivos, o que de certa forma, minimizará os investimentos e os impactos decorrentes da abertura de novas pedreiras por parte do empreendedor.

- Areias

Já para materiais arenosos, o sítio em questão mostra alguns locais passíveis de serem explorados a montante do barramento, onde são comuns as aluviões e os terraços aluviais. As características dos terraços mais próximos observados mostram depósitos siltosos a silto-arenosos, não sendo muito indicados para exploração em função da necessidade de beneficiamento de grandes volumes para o aproveitamento da fração arenosa desejada, gerando grandes movimentações de materiais e grandes impactos ambientais, embora temporários.

No entanto, na localidade de São Tomé, distante cerca de 12 km do eixo, existe um porto de extração de areia denominado de Porto da Areia que apresenta potencialidade para suprir as demandas da obra.

Relatório Fotográfico

Constam no ANEXO - RELATÓRIO FOTOGRÁFICO, 12 (doze) fotografias das etapas de campo realizadas e dos pontos de possível fornecimento de materiais de construção.

5.2.1.3 Estudos Energéticos e de Motorização

Aspectos Econômicos e Energéticos Adotados

Os estudos hidroenergéticos realizados visam definir os parâmetros que maximizam os ganhos do aproveitamento. A PCH Rio dos Índios terá um reservatório cujo volume útil é de cerca de 1,89 x 10^6 m^3 e este volume poderá ser utilizado para uma pequena regularização diária da geração, incrementando a permanência da energia gerada na própria usina.

O NA de normal montante foi definido na El. 335,00 m e o NA de jusante na El. 283,00 m, sendo a queda bruta, portanto, de 52,00 m. A perda de carga máxima foi estimada em 5,0% (para a vazão nominal), e o rendimento médio dos conjuntos turbina-gerador estabelecido em 88,00 % (cerca de 96% de rendimento para os geradores e 92% para as turbinas).

Uma vez estabelecidos estes parâmetros e de posse de outras informações importantes, como a série histórica de vazões mensais, as curvas cota-área e cota-volume, os dados de precipitações e evaporações no reservatório, nível operacional mínimo, curva chave do canal de fuga e outras, é possível realizar a simulação da usina de maneira isolada.

O programa utilizado foi desenvolvido pela Poente Engenharia. Este programa, utilizando-se dos dados citados anteriormente, determina para uma dada potência, a simulação da operação deste aproveitamento de maneira isolada. O modelo matemático utilizado procura simular da maneira mais realistica possível a operação da usina. Desta forma, detalhes como a variação da perda de carga (que varia de acordo com o quadrado da velocidade da água no circuito adutor) com a variação da vazão mensal, por exemplo, são levados em conta.

Os dados de saída permitem ter uma ampla visão do comportamento da usina ao longo de todo o período histórico simulado. Dentre outros, é possível saber quais são os valores das

energias médias mensais e anuais, o fator de capacidade da usina, tanto para o período histórico como para o período crítico, as curvas de permanência de vazões a montante e a jusante do reservatório, as quedas de projeto e de referência. A metodologia empregada, portanto, difere um pouco daquela preconizada pela Resolução Normativa n° 50 da ANEEL, de 23/03/2004. No item **"Determinação Energia de Referência (Res. Normativa ANEEL n°50/2004)"** é feita uma análise segundo esta resolução.

O critério adotado para a análise feita nesta etapa é o de se determinar a potência instalada com um fator de capacidade de cerca de 0,55. Para esta condição, a potência instalada deve ser cerca de 8,50 MW para o período completo do histórico de vazões, o qual neste estudo vai de jan/1953 a dez/2002. Em qualquer aproveitamento hidroelétrico, deve-se investigar qual deve ser a potência instalada, verificando se existe a possibilidade do ganho de escala do empreendimento. Isto se dá pelo fato de que algumas estruturas permanecem praticamente inalteradas, independentemente da potência instalada. As estruturas diretamente relacionadas com a potência instalada são as estruturas do circuito de adução (tomada d'água e canal), a casa de força e o canal de fuga. Estas estruturas, entretanto, não são impactadas na mesma proporção do aumento da potência, já que um aumento, por exemplo, de 5% na capacidade instalada, não significa um aumento similar para a casa de força e respectivas estruturas de adução.

O aumento da potência instalada significa uma maior energia média ao final do ano e este aumento resulta numa receita maior para o empreendimento. A definição da potência instalada é determinada principalmente por dois parâmetros. O primeiro é o da maximização do benefício anual líquido, em US$, e o segundo, o valor do incremento de potência, em US$/MWh. O primeiro parâmetro considera o custo total do empreendimento e o seu custo anual, dados os valores estimados para a operação e manutenção e a taxa de juros adotada. Para o estudo realizado adotaram-se os seguintes parâmetros:

Energéticos:

- Período Histórico Simulado: considerou-se que o período histórico nestas simulações abrange o intervalo de janeiro de 1953 até dezembro de 2002 (50 anos).

- Vazão Residual: devido ao pequeno trecho entre a barragem e o canal de fuga da casa de força, a vazão residual ou remanescente será considerada como sendo 50% da vazão Q7-10,o que corresponde a 3,60 m3/s.
- Queda Líquida: a queda líquida varia de mês para mês em função das perdas de cargas no sistema adutor

Econômicos:

- Data Base e Taxa Cambial: a data base considerada nos estudos é julho de 2004 e a Taxa Cambial considerada é de R$ 3,00.

- Vida Útil Considerada: para a análise realizada, considerou-se a vida útil do empreendimento como sendo de 30 anos.

- Taxa de Desconto: a taxa de desconto adotada foi de 15% ao ano.

- Fator de Recuperação de Capital (FRC): o fator de recuperação de capital é de 0,1523 (15%, 30 anos).

- Participação do capital próprio no empreendimento: a participação do capital próprio considerado nos estudos foi de 30%, sendo os 70% restantes de capital de terceiros (empréstimos).

- Custo Anual do Empreendimento (Ctai): o custo anual do empreendimento é dado pelo Custo Total do Empreendimento multiplicado pelo FRC.

- Custo de O&M: O custo de Operação e Manutenção foi estimado em US$2,50 por kW instalado, ao ano.

Foram realizados os estudos para as potências de 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0 e 8,5 MW. Pelo Quadro 5.5 verifica-se que o Benefício Anual Líquido é maximizado para a potência próxima de 7,0 MW. Deve-se verificar também se o custo-benefício incremental ficou abaixo do

Custo de Referência de Energia (CRE), adotado como sendo R$114,00/MWh (ou US$38,00/MWh, com 1 US$ = R$ 3,00). O custo-benefício incremental é calculado da seguinte maneira:

ICBinc (Y) = (Custo Anual (Y) - Custo Anual (X))/((Pot Inst (Y) - Pot Inst(X)) x 8.760)

Onde:
ICB inc = Índice de Custo versus Benefício Incremental
X = potência instalada;
Y = potência instalada com acréscimo em relação a X.

Para este caso específico a potência instalada poderia variar até 7,0 MW, sem que o custo incremental (QUADRO 5.5) ultrapasse o valor adotado para o CRE, ou seja, R$114,00/MWh (ou US$38,00). As atuais indefinições por que passa o setor, entretanto, sinalizam ao empreendedor cautela na tomada de decisões.

Assim, a luz das condições vigentes, está se recomendando que seja instalada a potência de 7,0 MW (fator de capacidade igual a 0,66), cujo Custo Benefício Incremental situa-se em R$ 110,65/MWH, ou US$ 36,88/MWh.

As Figuras 5.35 e 5.36 apresentam respectivamente, as curvas de evolução do benefício anual líquido e do custo incremental, em função da potência instalada.

QUADRO 5.5. Análise Incremental dos Custos – Enfoque Energia Média – Período Completo.

Análise Incremental dos Custos - Enfoque Energia Média (Período Completo)

emissão: 22/7/2004 11:01

Projeto: PCH Rio dos Índios

Moeda:	R$				
Taxa anual de desconto	15%	aa	j	Custo Referência da Energia (CRE):	38,00 US$/MWh
					114,00 R$/MWh
Vida útil	30,00	anos	z	Taxa cambial considerada :	3,00 R$/US$
Fator de Recuperação de Capital	0,15230		FRC	Ref. julho/2004	
				Custo de O&M :	2,50 US$/kW/ano
				Custo de O&M :	7,50 R$/kW/ano

Periodo Completo								**Valores Anuais** - 100% de Disponibilidade			
POTÊNCIA INSTALADA (MW)	Potência Ponta Média Mensal (MW)	Potência FPonta Média Mensal (MW)	Potência Média Mensal (MW)	Fator de Capacidade (Pot Méd / Pot Inst)	Energia na Ponta Média Mensal (MWh)	Energia Fora Ponta Média Mensal (MWh)	Energia Média Mensal (MWh)	Energia na Ponta Média (MWh)	Energia Fora Ponta Média (MWh)	Energia Média (MWh)	Energia Vertida (MWh)
5,0	5,00	4,05	4,13	0,827	326	2.692	3.021	3.910	32.309	36.252	5.500
5,5	5,50	4,20	4,31	0,784	358	2.789	3.151	4.301	33.469	37.817	4.058
6,0	6,00	4,29	4,45	0,741	391	2.855	3.252	4.692	34.263	39.019	2.984
6,5	6,50	4,36	4,55	0,700	424	2.896	3.326	5.083	34.752	39.917	2.214
7,0	7,00	4,38	4,62	0,660	456	2.915	3.379	5.474	34.974	40.550	1.707
7,5	7,50	4,39	4,67	0,622	489	2.917	3.416	5.865	35.003	40.991	1.385
8,0	8,00	4,38	4,70	0,588	521	2.911	3.445	6.256	34.934	41.336	1.146
8,5	8,50	4,36	4,73	0,557	554	2.901	3.469	6.647	34.809	41.625	947

POTÊNCIA INSTALADA	Custo Total de Implantação do Aproveitamento	Custo Anual Total do Aproveita- mento (Cti x FRC) + COM + Taxas e Tributos	Índice Custo Benefício do Aproveitamento	Benefício Anual Líquido ((CRE x Energia Média Anual)-Ctai)	Custo Índice	Custo Incremental
	Cti	Ctai	ICBi	BAL	Ci	ICBinc
MW	R$	R$	R$/MWh	R$	R$/KW	R$/MWh
5,0	22.450.000	3.891.523	107,44	241.257	4.490,00	-
5,5	22.800.000	3.971.042	105,14	340.123	4.145,45	51,28
6,0	23.150.000	4.046.010	103,86	402.141	3.858,33	63,24
6,5	23.500.000	4.117.171	103,35	433.343	3.615,38	80,89
7,0	23.850.000	4.185.012	103,47	437.674	3.407,14	110,65
7,5	24.150.000	4.242.955	103,82	430.025	3.220,00	138,06
8,0	24.500.000	4.307.170	104,57	405.096	3.062,50	199,43
8,5	24.850.000	4.370.690	105,43	374.582	2.923,53	238,71

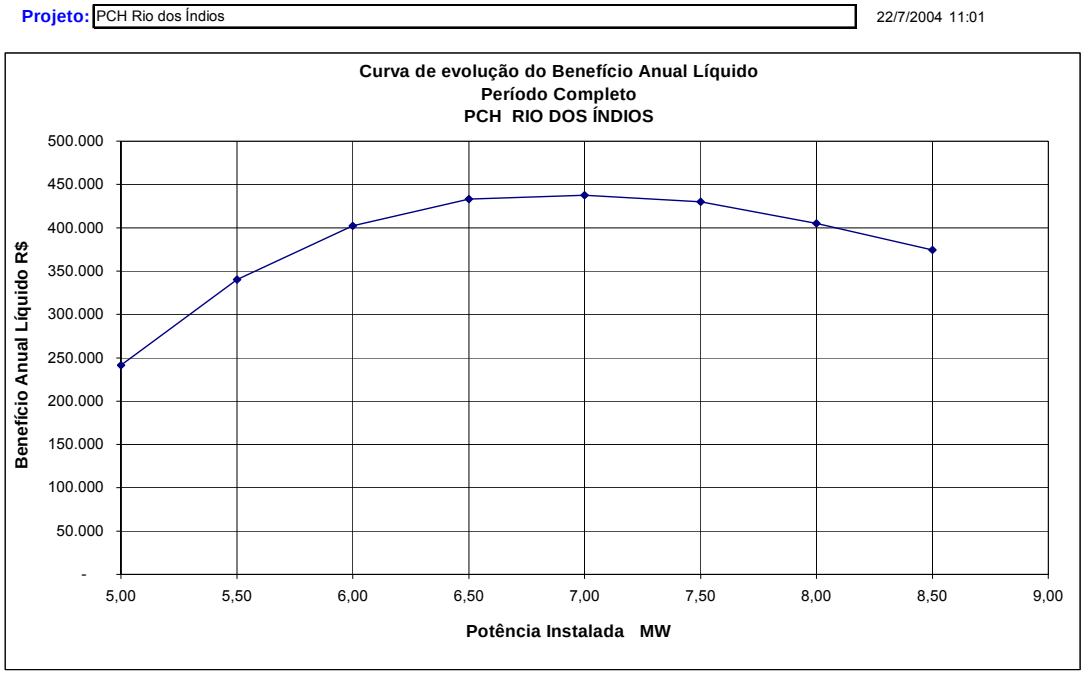


FIGURA 5.35. Curva de Evolução do Benefício Anual Líquido.

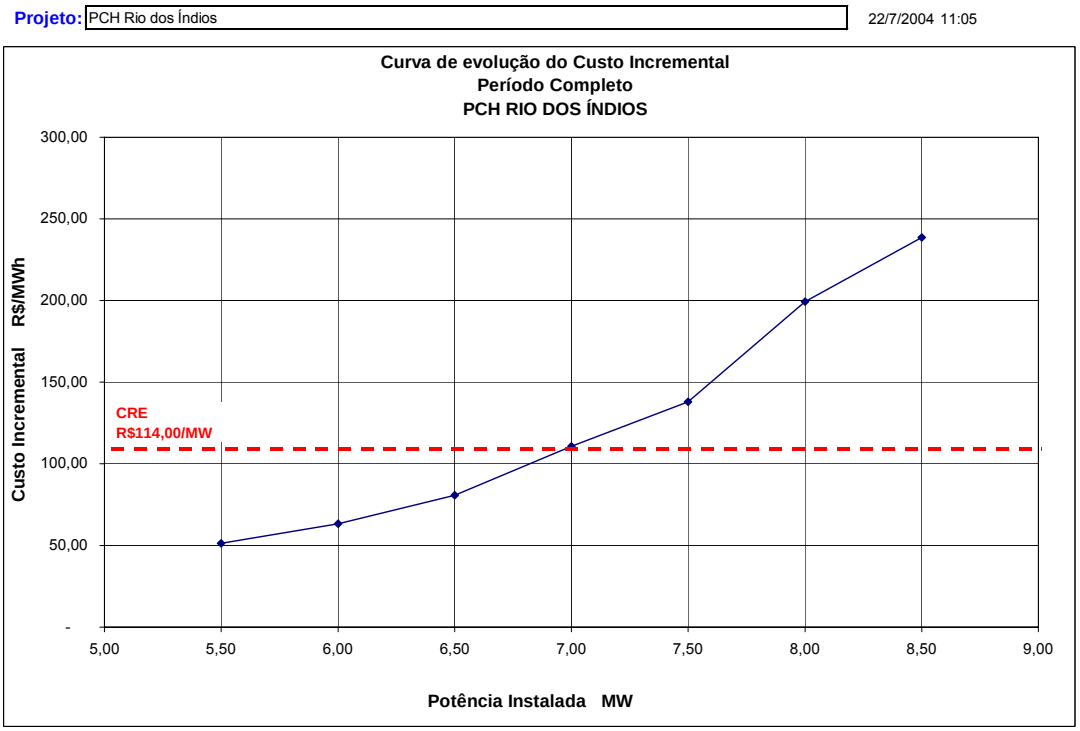


FIGURA 5.36. Curva de Evolução do Benefício Anual Líquido.

Determinação do Nível Operativo Mínimo do Reservatório

Uma vez determinada a potência ótima a ser instalada no local, estuda-se então qual deve ser o depleção máxima no reservatório que otimiza o ganho de energia no empreendimento. Devido ao fato do reservatório ser de pequeno volume, não será estudada a sua influência na cascata do Rio Paraná, do qual o rio dos Índios é sub-afluente. Também devido ao pequeno volume útil e limitações de ordem operacional, optou-se por estabelecer uma depleção máxima no reservatório de 1,00 m, fazendo com que o nível operacional mínimo fique estabelecido na El. 334,00 metros.

Determinação das Quedas de Projeto e Referência e do Número de Unidades Geradoras

O número de máquinas instaladas em um aproveitamento hidroelétrico deve ser tal que o seu custo seja minimizado. Assim, pode-se inicialmente pensar em utilizar-se somente um único conjunto gerador-turbina, o que tiraria proveito da economia de escala. Esta estratégia, entretanto, enfrenta um problema de ordem técnica: a máquina teria de ser capaz de operar dentro de uma faixa muito ampla de vazões para que pudesse operar durante todo o tempo. Esta operação deveria também ser tal que o rendimento da máquina não diminuísse significativamente e ainda que a máquina não sofresse dano algum operando com vazões reduzidas. Entretanto, tal turbina ainda não existe e, portanto, deve-se escolher entre os tipos disponíveis no mercado, aquela que melhor se adapta às condições de quedas e vazões encontradas.

- Determinação das Quedas de Projeto e de Referência:

O programa REGVAZ calcula também quais são as quedas de referência e de projeto. Como anteriormente citado, o programa realiza uma simulação da usina de maneira isolada. Os dados de saída incluem as curvas de vazões turbinadas e permanência de quedas líquidas, conforme a Figuras 5.37 e 5.38, apresentando-se inclusive, um resumo dos dados hidroenergéticos, conforme o Quadro 5.6.

Projeto: PCH Rio dos Índios Q res = 50% Q7-10 16/7/2004 9:48 PAHE REG 4.3

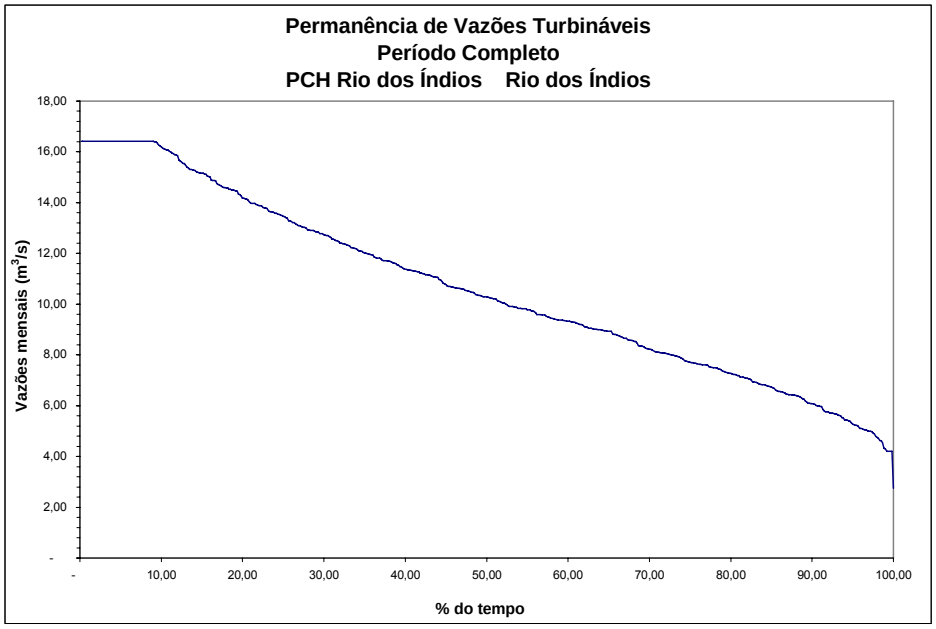


Tabela de Permanência Vazões Turbinadas

Período Completo

% tempo	m³/s
5	16,41
10	16,24
15	15,16
20	14,26
25	13,49
30	12,77
35	12,03
40	11,40
45	10,80
50	10,29
55	9,82
60	9,33
65	8,94
70	8,23
75	7,73
80	7,28
85	6,76
90	6,08
95	5,32
100	2,75
Pinst	7,00 MW

FIGURA 5.37. Permanência de Vazões Turbináveis – Período Completo.

Projeto: PCH Rio dos Índios Q res = 50% Q7-10 16/7/2004 9:48 PAHE REG 4.3

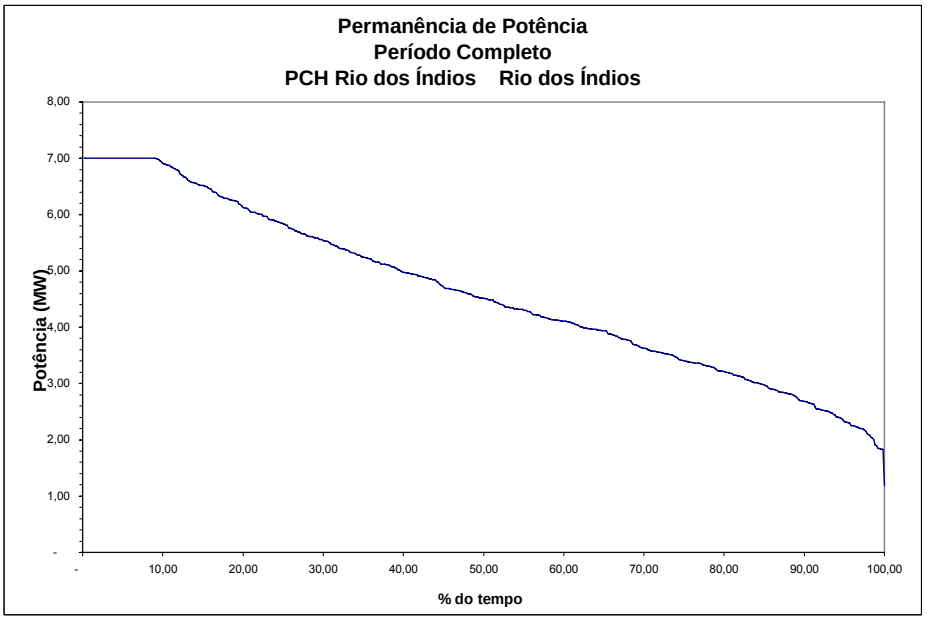


Tabela de Permanência Potência

Período Completo

% tempo	MW
5	7,00
10	6,93
15	6,52
20	6,16
25	5,85
30	5,56
35	5,25
40	4,99
45	4,73
50	4,52
55	4,32
60	4,11
65	3,94
70	3,63
75	3,41
80	3,22
85	2,99
90	2,69
95	2,35
100	1,19
Pinst (MW)	7,00

FIGURA 5.38. Permanência de Potência – Período Completo.

QUADRO 5.6. Resumo dos Resultados Obtidos.

Programa de Análise Hidro Energética - PAHE

emissão: 16/7/2004 9:48 — PAHE REG 4.3

Projeto: PCH Rio dos Índios Q res = 50% Q7-10

Vazões (m^3/s)

Qmlt(1)	Q95%(1)	Qmlt(2)	Q95%(2)	Qeco média
Q média longo termo P. completo	Q firme em 95% tempo P. completo	Q média longo termo P. crítico	Q firme em 95% tempo P. crítico	Vazão média TVR *
14,66	8,92	13,74	8,21	3,60
18,99	11,55	17,79	10,64	l/s/km² <<-- Vazão Específica
			772,00	km² <<-- Area de Drenagem

* Trecho de Vazão Reduzida (barragem -> canal de fuga)

Pot recuperável com Qeco	279,51	kW
Energia mensal	204,04	MWh
Energia anual	2.448,49	MWh

Cotas (m)

NA vol máx	335,00
NA op min	334,00
NA pé bar	326,00
NA jusante	283,00
Queda bruta (m)	52,00

	Volume do reserv. ($x10^6 m^3$)	Área do reserv. (km^2)	
Vol. Máx.:	10,08	2,16	Max
Vol. Útil:	1,89	1,99	Min

Periodo Completo - 100% de disponibilidade

POTÊNCIA INSTALADA (MW)	Potência Ponta Média Mensal (MW)	Potência FPonta Média Mensal (MW)	Potência Média Mensal (MW)	Fator de Capacidade (Pot Méd / Pot Inst)	Energia na Ponta Média Mensal (MWh)	Energia Fora Ponta Média Mensal (MWh)	Energia Média Mensal (MWh)
7,00	7,00	4,38	4,62	0,660	456	2.915	3.379

Valores Anuais Médios - 100% de disponibilidade

Energia na Ponta Média (MWh)	Energia Fora Ponta Média (MWh)	Energia Média (MWh)	Energia Vertida (MWh)	Energia Total Ger+Vert +Eco (MWh)	Índice MWh.ano /km^2 de lago
5.474	34.974	40.550	1.707	44.705	18.769
		4,63	(MW Médios)		

Energia Firme 95%	20.591	(MWh)
	2,35	(MW Médios)

Periodo Crítico - 100% de Disponibilidade — Início: jan/1953 — Fim: nov/1956

POTÊNCIA INSTALADA (MW)	Potência Ponta Média Mensal (MW)	Potência FPonta Média Mensal (MW)	Potência Média Mensal (MW)	Fator de Capacidade (Pot Méd / Pot Inst)	Energia na Ponta Média Mensal (MWh)	Energia Fora Ponta Média Mensal (MWh)	Energia Média Mensal (MWh)
7,00	6,99	4,05	4,31	0,616	456	2.690	3.155

Valores Anuais Médios - 100% de disponibilidade

Energia na Ponta Média (MWh)	Energia Fora Ponta Média (MWh)	Energia Média (MWh)	Energia Vertida (MWh)	Energia Total Ger+Vert +Eco (MWh)	Índice MWh.ano /km^2 de lago
5.471	32.276	37.864	281	40.594	17.526
		4,32	(MW Médios)		

Energia Firme 95%	17.835	(MWh)
	2,04	(MW Médios)

Dados grupo gerador :

Rendimento Médio (turbina+gerador) :	88,00	%
Engolimento Nominal :	16,39	m^3/s
Quedas: Queda bruta :	52,00	m
Queda líquida de projeto da turbina :	49,46	m (mais frequente)
Queda líquida de referência da turbina :	49,40	m (95% de perm.)
Queda maxima operativa :	51,35	m (1 unidade operando, s/ vertimento)
Queda mínima operativa :	49,40	m
Perdas na Adução: Perda máxima :	5,00	%
Perda média :	2,32	%

Taxa Equivalente de Indisponibilidade :

Programada :	0,50	%
Forçada :	1,00	%

Consumo interno estimado :	438,00	MWh/ano
	50,00	kW Médios

Resolução Normativa ANEEL n° 50 de 2004
(Análise feita p/ o período histórico completo)

Capacidade de Produção (Ei) :	3,54	MW Médios
Energia de Referência (ER) :	4,51	MW Médios
	39.535	MWh/ano

A Queda de Referência (Qref) é aquela com 95% de permanência e a Queda de Projeto (Qproj) foi determinada como sendo:

$$Qproj = \sum H(i) \times P(i) \div \sum P(i)$$

Onde:

Qproj = Queda de Projeto
□□H (i) = Queda Média Líquida no Mês i
P(i) = Potência Média no Mês i
i= número de meses do histórico (864)

De acordo com estes dados, a Queda de Referência é igual a 49,40 m e a Queda de Projeto é igual a 49,46 m.

- Determinação da Quantidade e Tipo das Unidades Geradoras:

Uma vez definidas as quedas de projeto e de referência, passa-se à escolha do tipo de turbina a ser aplicado e qual a sua potência unitária. Para as quedas obtidas, a turbina indicada é a turbina do tipo Francis, eixo horizontal. Este tipo de turbina pode ser operada normalmente com até 40 % do seu engolimento nominal.

Analizando-se a curva de permanência de vazões turbináveis fornecida pelo programa REGVAZ, verifica-se que a vazão mínima turbinável (Qturbmin), com permanência de 95%, seria de 5,32 m3/s. Esta seria então a vazão de 40% de uma unidade geradora. Este valor de 40% se deve ao tipo de máquina empregada, que, trabalhando com vazões inferiores a esta, apresentará problemas operativos que podem danificar o equipamento (pela cavitação, principalmente), além de apresentar um rendimento excessivamente baixo. A vazão turbinada máxima total é de 16,39 m3/s, sendo a vazão unitária turbinada, portanto igual a 8,20 m3/s = Qunit.

Adotando-se a instalação duas unidades, tem-se que Q(40% unit) = 3,28 m3/s. A instalação de três unidades implica em Qunit = 5,46 m3/s e Q(40% unit) = 2,16 m3/s. Como Q(40%

unit) para 2 unidades é inferior a Qturbmin (5,32 m3/s) a princípio seria necessária a instalação de duas unidades geradoras.

Como já dito anteriormente, o aproveitamento de 100% da água disponível nos períodos secos, por uma usina a fio d'água só seria possível com uma máquina "ideal". Cabem então dois questionamentos: o primeiro é quanto se deixará de gerar em média em função da vazão insuficiente para gerar com uma unidade. O segundo é o quanto esta situação se alteraria caso se instalassem, na usina, 03 grupos ao invés de apenas 02 grupos geradores.

Da análise da base de dados fornecido pelo programa REGVAZ, verifica-se que vazões médias abaixo de Q(40%) unit, para duas unidades geradoras instaladas (3,28 m3/s) ocorrem em somente cerca de 0,27% do tempo. Assim, espera-se que, em média a energia não-gerada anualmente seja igual a:

Média de horas no ano: 0,27% x 8.760 horas = 23,65 horas/ano
Potência = 40 % da potência de 01 unidade: 0,40 x 3,50 MW = 1,4 MW
Energia não gerada média anual = 1,40 MW x 23,65 h/ano = 33,11 MWh/ano

Fazendo-se a análise similar para uma motorização com 03 unidades teríamos:

- Potência unitária: 2,33 MW
- Vazão unitária: Qunit =5,46 m3/s.
- Vazão unitária mínima turbinável: Q(40% unit) = 2,16 m3/s
- Percentual de permanência de vazão abaixo de 2,16 m3/s: 0 %
- Energia não gerada média anual = 0 MWh/ano

A diferença anual média na geração utilizando-se uma motorização com 03 unidades ao invés de 02 unidades é de:

33,11 MWh – 0 MWh = 33,11 MWh

Considerando-se que o valor da energia gerada seja igual ao do CRE (Custo de referência da Energia) ou US$ 38,00/MWh, a alternativa com motorização utilizando-se 03 grupos

irá fornecer um ganho médio anual superior em US$ 1.258,18 comparado com a motorização com 02 grupos. Considerando o Fator de Recuperação de Capital igual a 0,1523 (i=15% aa, 30 anos), a opção de motorização com 03 grupos somente será vantajosa se o custo extra desta opção ficar abaixo de US$ 8.261,00 (US$ 1.258,00/0,1523). Pelos custos adicionais decorrentes da instalação de 03 grupos, comparando-se com a instalação de 02 e o benefício mínimo advindo desta instalação, recomenda-se a instalação de 02 grupos.

Um outro fator que deve ser considerado nesta questão de maximização do tempo em operação das unidades geradoras é o fato de que a PCH necessita anualmente de uma breve parada geral para manutenções preventivas em sistemas comuns às duas unidades (também chamada de indisponibilidade programada), necessitando que a usina permaneça desligada por pelo menos algumas horas durante o ano. Estas manutenções são em geral programadas para acontecerem no período seco do ano.

Determinação Energia de Referência (Res. Normativa ANEEL n°50/2004).

A ANEEL, mediante a Resolução Normativa N° 50, de 23/04/2004 estabeleceu os critérios para a determinação da Energia de Referência, que será a quantidade de energia passível de contratação no âmbito do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA.

A Resolução Normativa n° 50, determina que na solicitação do cálculo da energia de referência sejam fornecidas as seguintes informações, para o caso de PCH (Art. 3°):

- O histórico das médias mensais de vazão referentes aos últimos 30 anos (trinta), no mínimo, contados retroativamente a partir do penúltimo ano em relação à data de solicitação, devendo este estar em conformidade com o histórico de vazões apresentado no projeto básico aprovado;
- O detalhamento da metodologia de obtenção do histórico de vazões especificado anteriormente;
- O valor da vazão remanescente do aproveitamento;
- O valor do rendimento do conjunto turbina-gerador, da queda bruta média e das perdas hidráulicas;

- O valor da potência instalada;
- O montante do consumo interno;
- O valor esperado da Taxa Equivalente de Indisponibilidade Forçada – TEIF e Taxa Equivalente de Indisponibilidade Programada – TEIP;

O montante da energia de referência (ER), para o caso de PCH, será calculado segundo as seguintes equações:

$$ER = \frac{\overline{E} \times (1 - TEIF) \times (1 - TEIP)}{1000} \text{ (MW médio)}$$

Onde:

$$\overline{E} = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i}{n} \text{ (kW médio)}$$

n = número de elementos (meses) da série de vazões mensais apresentadas.

Ei = (Qi – qr) x □ (kW médio) $\therefore E_i \leq P$

(sendo o limite máximo de Ei a potência instalada P)

$$\rho = 9{,}81 \times (Hb - h) \times \eta_{tg} \left(\frac{kW.s}{m^3} \right)$$

□=produtibilidade da usina;

Qi = vazão média do mês i (m3/s);

qr = vazão remanescente (m3/s);

Hb = queda bruta média (m);

h = perda de carga no circuito adutor (m);

P = potência instalada da PCH

□tg = rendimento do conjunto turbina-gerador;

TEIF = Taxa Equivalente de Indisponibilidade Forçada (%);

TEIP = Taxa Equivalente de Indisponibilidade Programada (%);

Os valores adotados para estes cálculos foram os seguintes:

- Vazão Remanescente: (qr)

A vazão remanescente considerada foi de 3,6 m^3/s equivalente a 50% $Q_{7,10}$.

- Rendimento do Conjunto Turbina-Gerador: (¤tg)

O rendimento do conjunto turbina gerador foi estimado em 88%, baseando num rendimento médio de 92% para a turbina e 96% para o gerador.

- Altura de Queda Bruta: (Hb)

Considerando que na operação real o reservatório da PCH não deverá ser deplecionado significativamente (operando, portanto a fio d'água), os níveis d'água serão considerados os seguintes:

- Nível normal de montante El 335,00 m
- Nível normal de jusante El 283,00 m
- Quedra Bruta (Hb) 52,00 m
- Altura de Queda Referente às Perdas Hidráulicas: (h)

Considerando que as perdas hidráulicas variam em função da vazão aduzida e que esta varia ao longo do tempo, a perda hidráulica média foi calculada a partir de uma perda máxima estimada em 5% (p/ vazão nominal de 16,39 m^3/s). Utilizando-se um modelo que simula a operação real da PCH (Quadro 5.6) os valores de perda média obtidos foram da ordem de 2,32%. O valor a ser adotado será, portanto, igual a 52,00 x 2,32% = 1,20 m.

- Taxa Equivalente de Indisponibilidade Forçada: (TEIF)

A taxa equivalente de indisponibilidade forçada para a PCH foi estimada em 1,0%, baseando-se em experiências de operação de outras PCH de porte semelhante.

- Taxa Equivalente de Indisponibilidade Programada: (TEIP)

A taxa equivalente de indisponibilidade programada para a PCH foi estimada em 0,5%, baseando-se em experiências de operação de outras PCH de porte semelhante.

- Produtibilidade Média da PCH: (□)

A produtibilidade média da PCH, aplicando-se os dados fornecidos, foi calculada em:

□= 9,81 x (52,00 – 1,2064) x 0,88 = 438,51 (kW.s/m^3)

- Consumo interno da PCH: (CI)

O consumo médio da PCH foi estimado em 50 kW médios, baseando-se em experiência de operação de outras PCH de porte semelhante.

O Quadro 5.7, apresenta o cálculo das energias mensais e energia de referência, segundo a Res. Normativa n°50.

5.2.1.4 Outros Usos da Água

Não se verificou nenhuma utilização atual mais importante da água do rio dos Índios por ocasião da conclusão deste documento, a não ser para dessedentação de animais.

Uma vez implantado o aproveitamento da PCH Rio dos Índios, apresentando uma área de reservatório com pequenas dimensões (superfície total igual a 2,1 km^2 no NA máximo normal de 335,00m), este poderá ter, além da geração hidrelétrica, outros usos potenciais tais como: regularização do rio, contenção de enchentes e eco-turismo.

5.2.2. Alternativa Selecionada

5.2.2.1 Estudos de Alternativas

O arranjo geral planejado nestes Estudos de Projeto Básico manteve a solução apresentada nos Estudos de Inventário Simplificado praticamente inalterada.

Fizeram-se apenas pequenas alterações nas barragens de terra e na galeria de desvio para adequá-las à nova topografia de precisão feita para o sitio do aproveitamento.

5.2.2.2 Arranjo Geral do Aproveitamento

O arranjo geral do aproveitamento recomendado nestes estudos de projeto básico está sendo apresentado nos desenhos ANEXO MAPAS - PBA-RDI – 017, SITUAÇÃO EXISTENTE e SITUAÇÃO PROJETADA.

5.2.2.3 Desvio do Rio

A implantação da PCH Rio dos Índios requererá 3 (três) etapas principais para o desvio do rio dos Índios a saber:

Primeira etapa - Rio passando pelo leito natural

Esta fase será caracterizada principalmente pela escavação e concretagem da galeria de desvio, bem como pelo início da escavação da tomada d'água e canal de adução.

Principais atividades:

- Limpeza e deslocamento geral;
- Escavação a céu aberto da galeria de desvio;
- Início de escavação do canal de adução, tomada d'água auxiliar, vertedouro lateral e câmara de carga;
- Concretagem da galeria de desvio.

Segunda etapa - Rio passando pela galeria de desvio

Esta fase será caracterizada pela construção das barragens de terra e bem como pelo início das estruturas do vertedouro e tomada d'água, e ainda, da casa de força e condutos forçados.

CMB Consultoria Ltda
Mineração e Meio Ambiente

QUADRO 5.7. Cálculo da Energia de Referência Segundo Resolução Normativa ANEEL – PAHE.

Programa de Análise Hidro Energética - PAHE

emissão: 16/7/2004 9:48

PAHE REG 4.3

Projeto: PCH Rio dos Índios Q res = 50% Q7-10

Cálculo da Energia de Referência segundo Resolução Normativa ANEEL nº 50/2004

Pontência Instalada :	7.000	kW
Rendimento Médio (turbina+gerador) :	88,00	%
Queda Bruta (Hb) :	52,00	m
Perdas Hidráulicas Médias (h) :	1,20385	m
Produtibilidade Média da PCH (rô) :	438,51	kW s/m³
Vazão remanescente (qr) :	3,60	m³/s

Taxa Equivalente de Indisponibilidade :		
Programada :	0,50	%
Forçada :	1,00	%
Consumo Interno Estimado :	50,00	kW médios
Energia de Referência :	4,51	MW médios

Energias Médias Mensais (Ei) com 100% de disponibilidade (KW médios)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA	MÁXIMA	MÍNIMA
1953	5231	5046	4631	3381	4870	3336	2833	1535	4548	6652	6171	4543	4.398	6.652	1.535
1954	7000	2764	5029	4291	7000	5951	7000	2866	2067	5178	3535	2448	4.594	7.000	2.067
1955	2750	1165	3106	3673	2887	7000	6915	5068	4351	2291	5666	2289	3.930	7.000	1.165
1956	2906	2142	3079	6708	5128	5828	5612	5459	6744	3478	4470	3108	4.555	6.744	2.142
1957	3846	5222	2503	4687	3788	4032	4629	7000	7000	4277	5534	6298	4.901	7.000	2.503
1958	4216	2383	5141	2336	2922	4519	2123	4402	6989	6117	5087	4777	4.251	6.989	2.123
1959	3880	7000	3525	2239	2387	4553	2669	3244	3274	4078	3083	1713	3.470	7.000	1.713
1960	3598	3294	2909	2068	3838	6083	2699	5026	3417	4946	6667	2601	3.929	6.667	2.068
1961	3006	3579	5207	7000	6411	4809	3533	4599	3416	4098	5137	3898	4.558	7.000	3.006
1962	2454	4289	7000	4481	3770	2061	2532	2288	4708	5129	6233	4548	4.125	7.000	2.061
1963	5203	3974	5430	4145	2545	3796	2731	1793	1617	4062	6351	4133	3.815	6.351	1.617
1964	3593	4902	3957	5086	3959	5735	6389	6155	7000	3497	3219	4615	4.842	7.000	3.219
1965	6981	5878	4627	5247	7000	5934	5707	4707	4143	6329	5703	5801	5.671	7.000	4.143
1966	6667	4444	3896	3403	2732	4271	2544	2554	3329	4906	7000	4439	4.182	7.000	2.544
1967	6378	5943	4001	4348	2115	3977	5995	2271	2335	4095	3987	4090	4.128	6.378	2.115
1968	5641	3816	3250	2820	2406	3565	2503	3400	1631	3424	4309	2541	3.276	5.641	1.631
1969	4235	2922	4239	2786	3281	4948	5312	2361	4357	6620	4529	4187	4.148	6.620	2.361
1970	5751	4224	5629	3522	6271	6634	6441	2673	7000	4972	2928	4463	5.042	7.000	2.673
1971	7000	5194	4856	5936	4216	5827	4915	3914	4085	7000	2993	6559	5.208	7.000	2.993
1972	5509	7000	4316	4511	3047	2597	5220	6390	5243	7000	4270	5692	5.066	7.000	2.597
1973	4673	6610	4080	3572	4876	6705	6903	4971	5700	5560	7000	5906	5.546	7.000	3.572
1974	5326	5588	4061	3933	2950	5518	4896	3660	3964	6344	4986	4011	4.603	6.344	2.950
1975	4403	6771	4171	3768	3187	3829	4010	5560	3404	6111	6470	7000	4.890	7.000	3.187
1976	5868	7000	6813	5137	7000	6218	5180	7000	6692	6424	7000	7000	6.444	7.000	5.137
1977	7000	7000	6551	5957	4981	5355	4667	3658	3693	3653	4992	6399	5.325	7.000	3.653
1978	4432	3061	3324	2831	2404	2507	4354	2718	4211	2444	3111	2890	3.190	4.432	2.404
1979	2700	3149	2636	2291	4690	2903	2787	2708	5382	3829	4484	7000	3.713	7.000	2.291
1980	5365	5251	7000	6054	6234	5395	6194	5820	5775	5293	4495	5593	5.706	7.000	4.495
1981	6011	6044	5685	5510	5663	5779	4469	4107	3594	5382	4062	7000	5.275	7.000	3.594
1982	7000	6314	5033	3945	3578	7000	7000	6093	4849	6094	6951	7000	5.905	7.000	3.578
1983	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7.000	7.000	7.000
1984	6895	6388	5454	5555	5841	5637	5166	5313	5671	6516	5953	7000	5.949	7.000	5.166
1985	6987	5615	4652	4982	6730	5848	5476	4434	4251	4080	3081	2926	4.922	6.987	2.926
1986	2724	3698	3523	2675	5556	3440	2890	4791	3590	2867	2195	3363	3.443	5.556	2.195
1987	3862	3874	2478	2427	6389	5381	4928	3708	3654	3377	6773	4518	4.281	6.773	2.427
1988	3687	4902	3257	3482	4565	4633	3968	3166	2796	2847	2977	2150	3.536	4.902	2.150
1989	4430	5262	4279	4338	3534	3198	2995	4744	7000	4598	3872	3387	4.303	7.000	2.995
1990	7000	3003	3564	3341	4422	3480	4173	5184	7000	7000	5928	5106	4.933	7.000	3.003
1991	4625	4853	3827	3175	2847	3370	2673	2433	2231	2483	2099	5022	3.303	5.022	2.099
1992	2209	2113	3298	4816	7000	7000	6166	5052	5398	5418	5451	4370	4.858	7.000	2.113
1993	4824	4865	4120	3308	3723	4340	3657	3146	3840	5620	4068	4344	4.155	5.620	3.146
1994	3747	4030	4041	3364	4098	5287	6019	4224	3545	3520	3908	2809	4.049	6.019	2.809
1995	7000	5318	3930	3969	3411	3329	3044	2248	3293	5890	3296	3137	3.989	7.000	2.248
1996	4322	5374	3805	3350	2833	2524	2033	1952	2257	4109	5558	4363	3.540	5.558	1.952
1997	7000	7000	6561	4862	4225	7000	5017	4010	4710	6040	7000	6676	5.842	7.000	4.010
1998	4888	6649	6491	7000	7000	7000	6244	7000	7000	7000	6972	6452	6.641	7.000	4.888
1999	6711	7000	5574	4990	7000	6445	6688	5193	4692	4105	3463	3468	5.444	7.000	3.463
2000	3123	4676	4099	3047	2907	3236	3325	4698	7000	6115	5384	5808	4.452	7.000	2.907
2001	6014	6354	4925	4333	4225	4027	3383	3045	3197	2979	2595	4408	4.124	6.354	2.595
2002	4329	4014	2963	2181	6667	3904	3515	3146	3783	3116	6159	6214	4.166	6.667	2.181
MÍNIMA	2209	1.165	2.478	2.068	2.115	2.061	2.033	1.535	1.617	2.291	2.099	1.713			
MAXIMA	7000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	kW Médios		
MÉDIA	5000	4.879	4.471	4.157	4.522	4.855	4.543	4.170	4.529	4.879	4.883	4.701	4.632		

Principais atividades:

- Construção da ensecadeira de montante;
- Conclusão das escavações e tratamento de fundação no canal de adução, vertedouro lateral e câmara de carga;
- Tratamento de fundação e concretagem do vertedouro;
- Tratamento de fundação e construção das barragens de terra da MD e ME;
- Escavação, tratamento de fundação e concretagem da casa de força;
- Concretagem e montagem da tomada d'água auxiliar (inicio do canal de adução);
- Tratamento de fundação, concretagem da câmara de carga e montagem da tomada d'água principal (câmara de carga);
- Escavação, tratamento de fundação e concretagem da casa de força;
- Concretagem dos berços da tubulação forçada inclusive montagem.

Terceira Etapa - Rio Passando Pela Crista do Vertedouro e Enchimento do Reservatório

Esta fase está caracterizada pela conclusão da implantação do circuito adutor, inclusive concretagens da casa de força, pela montagem da subestação, linha de transmissão e unidades geradoras, incluindo testes de comissionamento e enchimento final do reservatório.

Principais Atividades:

- Remoção da ensecadeira de montante;
- Conclusão da concretagem da casa de força;
- Testes de comissionamento dos condutos forçados;
- Montagem e testes de comissionamento das unidades geradoras;
- Terraplenagem e montagem da subestação e construção da linha de transmissão;
- Concretagem do "tampão" da galeria de desvio;
- Acabamentos finais da usina;
- Início da operação comercial da usina.

Galeria de Desvio - Equipamentos Eletromecânicos

Galeria de Desvio

A galeria de desvio localizada sob a barragem de terra – MD deverá conduzir a vazão do rio durante o período de construção, desviada por meio da ensecadeira a ser construída com este propósito, no leito do rio.

A galeria foi dimensionada para suportar a vazão de 44,0m^3/s, que corresponde à vazão máxima média do período seco no histórico de dados – 1953/2002. Terá uma única entrada, dotada de uma comporta vagão que será utilizada para o seu fechamento no momento adequado. As dimensões internas (livres) serão 3,00m de altura por 3,00m de largura. O comprimento total será de 40,00m, incluindo o portal de entrada e o piso da galeria está na El. 327,00 metros.

A galeria será construída em concreto estrutural, assentada na rocha convencional tratada e preparada para recebê-la. A galeria estará posicionada sob a barragem de terra, na margem direita e será dimensionada para receber os esforços desta. Após o fechamento da comporta de montante será construído um tampão de concreto dentro da galeria. O tampão deverá ser dimensionado para resistir aos esforços hidrodinâmicos da água à montante como se a comporta não existisse.

Comporta Vagão

A comporta deverá servir para o fechamento da galeria de desvio para execução do tampão de concreto e será de construção soldada, com chapa de paramento e vedação de jusante, com vigas horizontais, enrijecedores verticais e tabuleiro em dois painéis para facilitar o transporte e a montagem.

Deverá ser dotada de rodas com mancais de rolamento, eixo em aço inoxidável (AISI 304). Deverá ser equipada com vedações de borracha do tipo nota musical na lateral e na parte superior e tipo plana na parte inferior, fixadas por meio de barras chatas em aço carbono, parafusos e porcas em aço inoxidável. Será equipada com rodas guias laterais, e rodas de contra-

guia, montadas em eixo de aço inoxidável, com buchas autolubrificantes. As vedações deverão ser em SBR ou material similar.

Após o posicionamento dos painéis, na ranhura estes deverão ser conectados por união parafusada. A comporta deverá ser inserida pelo guindaste móvel da obra. Deverá ser previsto um dispositivo de calagem da comporta, na ranhura, para facilitar a montagem.

Dispositivo de Manutenção de Vazão Residual

A PCH Rio dos Índios possui casa de força localizada a jusante do barramento existindo assim um trecho de vazão residual para o rio dos Índios, entre a posição do barramento e da casa de força, da ordem de 2.900 metros.

Para esta situação foi idealizado um sistema de perenização, localizado no muro lateral direito do vertedouro, constituído de uma pequena tomada d'água com grades fixas, tubulação de aço DN 700 mm e controle de vazão através de comporta tipo Bárbara com (1,0 x 1,0)m, acionada manualmente por parafuso e volante posicionado na crista da barragem.

5.2.2.4 Barragens de Terra da Margem Direita (MD) e Margem Esquerda (ME)

A seguir, as características principais destas estruturas:

- Elevação da crista - 338,50 m MD e 338,50 m ME
- Comprimento da crista - 308,00 m MD e 216,00 m
- Largura da crista - 6,00 m MD e 6,00 m ME
- Altura máxima - 10,00 m MD e 10,00 m ME
- Taludes – montante - 1,0(V):2,0(H) MD e 1,0(V):2,0(H) ME
- jusante - 1,0(V):2,0(H) MD e 1,0(V):2,0(H) ME
- Volumes - escavação comum - 20.000 m3 MD/ME
- aterro compactado - 106.200 m3 MD/ME

5.2.2.5 Vertedouro Principal (soleira livre)

- Tipo: soleira livre com laje a jusante;
- Taludes: montante vertical;
- Jusante: 0,75(H)1,00(V);
- Localização: leito do rio;
- Comprimento do vertedor: 50,00 m;
- Elevação da ogiva da soleira vertente: 335,00 m;
- Volumes - escavação comum (incluído na barragem de terra): - m3;
- escavação em rocha: - m3;
- concreto: 3.300 m3;

5.2.2.6 Reservatório

As curvas de cota x área x volume, ANEXO MAPAS – PBA-RDI-006, foram levantadas a partir da restituição aerofotogramétrica na escala 1:10.000 com curvas de nível de 10,0 em 10,0 metros, entre as elevações 325,0 m e 370,0 m.

O levantamento cartográfico e o reconhecimento de campo, efetuados no sítio do aproveitamento e na área do futuro lago, não indicaram interferências importantes para a formação do reservatório.

Os estudos de Borda Livre, Enchimento do Reservatório, Remanso, Amortecimento de Cheias, e demais estudos referentes ao reservatório da PCH Rio dos Índios, estão sendo apresentados no item **"Estudos Hidrometeorológicos"** deste relatório.

5.2.2.7 Circuito de Adução

O circuito de adução localiza-se na margem esquerda, sendo constituído de tomada d'água auxiliar, canal de adução, tomada d'água principal, câmara de carga e conduto forçado.

Tomada D'Água Auxiliar

- Nº de entradas: 01
- Localização: entrada do canal adutor

- Altura máxima: 6,00 m
- Largura da crista: 4,00 m
- Elevação da crista: 338,50 m
- Volumes - escavação comum: 7.000 m3
- escavação de rocha: 25 m3
- concreto: 100 m3

Equipamentos Hidromecânicos

Tomada D'Água do Canal de Adução

A tomada d'água do canal de adução está localizada na margem esquerda da barragem e é construída em concreto estrutural. A sua plataforma serve de acesso até a crista da barragem e encontra-se na elevação EL 338,50 m. Cada comporta será operada por meio de um sistema composto de cremalheira, engrenagens redutoras, eixos e volante de acionamento, que possibilitará a sua operação mesmo com águas desequilibradas, permitindo o seu fechamento em condição de emergência. O acionamento do volante poderá ter opcionalmente incorporado um moto-redutor elétrico, permitindo a sua operação remota.

A tomada d'água, a princípio, não contará com uma grade na sua entrada, mas está se recomendando que seja prevista uma ranhura para a sua instalação futura, caso as condições do rio indiquem ser vantajoso reter neste ponto do sistema de adução os corpos flutuantes de maior calibre, ao invés de retê-los na grade da câmara de carga. A grade localizada neste ponto, entretanto, acarreta a necessidade de limpeza periódica, manual ou automatizada, implicando em aumento do custo de operação.

Comporta da Tomada D'água

A comporta da tomada d'água será construída em chapa de aço soldada, adequadamente enrijecida por perfis metálicos, de maneira a suportar os esforços, sem deformações excessivas.

Será do tipo deslizante, com a vedação sendo feita pela própria chapa do paramento contra a guia, que também será metálica.

Peças Fixas

As peças fixas, a serem embutidas no concreto de 1º e 2º estágios, deverão incluir chumbadores, soleira, caminhos de rolamento, peças de contra guiamento, guias laterais e peças de vedação frontal e lateral. As superfícies de apoio da vedação deverão ser em aço inoxidável (AISI 304).

- Quantidade: 01 conjunto
- Peso unitário (estimado): 03 kN

Medidor de Nível

Deverá ser previsto um sistema medidor de nível a montante da tomada d'água.

Para instalação dos instrumentos deverá ser previsto a construção de um poço que servirá de tranqüilizador de ondulações decorrentes da turbulência da água.

Do instrumento sensor instalado no poço, os sinais deverão ser levados para instrumentos localizados em um painel da tomada d'água e/ou sala de controle das unidades na casa de força.

Canal de adução

A adução de água desde a barragem até a câmara de carga é feita por meio de um canal de adução que se inicia a jusante da tomada d'água. O canal será assentado parte em solo e parte em rocha e será inteiramente revestido de concreto.

Características Principais (Trecho assentado em solo):

- Comprimento: 2.000 m

- Tipo de secção: trapezoidal
- Largura da base: 4,00 m
- Altura mínima da lâmina d'água (para a vazão nominal): 2,50 m
- Inclinação das paredes: 1,5 (h) x 1(v)
- Revestimento das laterais e fundo: concreto estrutural

(Trecho assentado em rocha):

- Comprimento: 900 m
- Tipo de secção: retangular
- Largura da base: 7,00 m
- Revestimento das laterais e fundo: concreto estrutural

Câmara de Carga

A câmara de carga está localizada ao final do canal de adução e é a estrutura responsável para realizar a transição entre o canal de adução e a tubulação forçada. Além desta função principal, na câmara de carga se encontra instalada uma grade na tomada d'água da tubulação forçada, que é responsável por reter os detritos arrastados pela água. O material retido na grade é devolvido ao rio por meio de uma comporta no fundo.

Comporta Vagão

A adução da água na tubulação de adução é feita por uma comporta de fechamento do tipo vagão. A comporta vagão deverá ser de construção soldada, com chapa de paramento e vedação de jusante, com vigas horizontais, vigas enrijecedoras verticais e tabuleiro em único elemento.

A comporta deverá ser dotada de rodas com mancais de rolamento e eixo em aço inoxidável. Deverá ser equipada com vedação de borracha tipo nota musical na parte lateral e parte superior. Na parte inferior deverá ser do tipo plana. As vedações serão fixadas por meio de barras chatas em aço carbono, parafusos e porcas em aço inoxidável. Deverá ser equipada com

rodas guias laterais e rodas de contra-guia, montadas em eixo de aço inoxidável, com buchas auto lubrificantes. As vedações deverão ser em SBR com teflon ou material similar.

A comporta deverá ser manobrada por meio de um servomotor hidráulico. O acionamento deverá ser conectado à comporta por hastes de ligação. Deverá ser previsto um dispositivo indicador de pressões para autorização de abertura após o cracking. Deverá ser previsto um sistema indicador de posição para comporta aberta, fechada e em cracking.

Deverá ser previsto um dispositivo de calagem da comporta na ranhura para facilitar a montagem, desmontagem e manutenção e também deverá ser providenciado, se necessário, algum artifício para servir como lastro a fim de proporcionar o fechamento da comporta apenas pelo peso próprio.

Acionamento da Comporta

O sistema oleodinâmico de acionamento da comporta vagão deverá ser usado nas operações de abertura, fechamento, cracking, manutenção e fechamento de emergência. O sistema deverá ser operado eletricamente, por controle manual, local ou remoto, por sistema de controle automático.

A central oleodinâmica deverá ser dimensionada para acionar o servomotor da comporta, individualmente, e a capacidade nominal do sistema oleodinâmico deverá ser superior a 120% do esforço máximo calculado para a movimentação da comporta.

Para essa capacidade nominal, a pressão máxima do óleo no sistema deverá ser de 18 MPa. A pressão de teste será 1,5 vezes a pressão do sistema correspondente à capacidade nominal. O sistema de acionamento deverá ser dimensionado e fabricado para efetuar as seguintes operações:

- Abertura individual da comporta contra fluxo;
- Execução do cracking;
- Reposição automática da comporta na posição, sempre que ela descer 100 mm, devido a fugas de óleo;

- Fechamento de emergência por gravidade, com redução nos últimos 60 mm do curso.

A central oleodinâmica deverá ser constituída por um reservatório de óleo sobre o qual, serão instaladas as duas unidades de bombeamento de montagem vertical e o circuito oleodinâmico da comporta.

A central oleodinâmica deverá ter dois grupos de bombeamento iguais, ficando normalmente um como reserva. Caso o grupo principal não funcione o de reserva deverá entrar automaticamente em funcionamento.

O servomotor deverá ainda possuir eixos basculantes, soldados ou rosqueados ao cilindro, para apoio no suporte.

O curso do servomotor deverá ser de, aproximadamente, 3.900 mm. Este valor deverá ser confirmado pelo fabricante/fornecedor.

Medidor de Nível

Deverá ser previsto um sistema medidor de nível a montante da tomada d'água. Para instalação dos instrumentos deverá ser previsto a construção de um poço que servirá de tranqüilizador de ondulações decorrentes da turbulência da água.

Do instrumento sensor instalado no poço, os sinais deverão ser levados para instrumentos localizados em um painel da tomada d'água e/ou sala de controle das unidades na casa de força.

5.2.2.8 Casa de Força e Equipamentos Eletromecânicos

Os estudos realizados levaram a escolha do seguinte arranjo para a casa de força e seus equipamentos eletromecânicos:

Casa de Força

- Tipo: abrigada
- Número de turbinas: 02 (duas)
- Dimensões principais: Largura - 12,60 m e Comprimento - 36,80 m

Turbinas

- Tipo: Francis - eixo horizontal
- Quantidade: 02 (duas)
- Potência nominal (no eixo da turbina): 3,65 MW
- Potência nominal (unitária nos bornes do gerador): 3,50 MW
- Vazão nominal (unitária); 8,20 m3/s
- Queda de projeto: 49,46 m
- Rotação nominal: 450 rpm
- Nível do piso (instalação): EL 283,00 m
- Elevação na entrada da caixa espiral: EL 282,00 m

Níveis Operacionais de Montante

- N.A. máx. max.: EL 336,50 m
- N.A. normal: EL 335,00 m
- N.A. mínimo disponível: EL 334,00 m

Níveis Operacionais de Jusante

- N.A. máx. max.: EL 292,50 m
- N.A. normal: EL 283,00 m

Válvula de Fechamento

Geral

A montante da entrada da turbina deverá ser instalada uma válvula de fechamento do tipo borboleta. A válvula deverá consistir de carcaça, obturador, eixo, acionamento e flange de desmontagem. O fechamento da válvula deverá ser por contrapeso, contra a plena vazão da água e abertura através de servomotor hidráulico. A válvula deverá ser construída de forma que as perdas de carga e os vazamentos sejam os mínimos possíveis.

O tempo de fechamento da válvula deverá ser ajustável, sendo que o tempo mínimo deverá ser tal que, não provoque sobrepressão maior do que 35% no conduto. Deverão ser previstas chaves de fim de curso para controlar a abertura e o fechamento da válvula.

As posições de “aberto” e “fechado”, da válvula, deverão ser transmitidas aos painéis de controle local e remoto, através de sinalização. Indicar também externamente na válvula estas posições.

Características Principais:

- Tipo de válvula: Borboleta Biplano
- Tipo de acionamento: por abertura - servomotor-hidráulico e por fechamento - contra-peso
- Quantidade de cilindros por válvula: 01
- Posição do cilindro: jusante
- Alimentação do cilindro: regulador
- Diâmetro nominal da válvula: 1.400 mm
- Cota do eixo de entrada: EL.282,00 m
- Pressão estática máxima: 54,50 mca
- Carga máxima (+ 35%): 73,56 mca
- Carga hidrostática de Ensaio (+ 50%): 81,75 mca
- Vazão máxima nominal: 8,20 m3/s

Funcionamento

A válvula será instalada ao final da tubulação, à montante da turbina e deverá funcionar normalmente como elemento de fechamento de emergência, bloqueando a passagem de água.

Como órgão de segurança, deverá fechar automaticamente em caso de sobrevelocidade do fluxo na linha, por disparo da máquina ou por colapso da tubulação, fechando contra o fluxo máximo.

O fechamento normal e de emergência deverão ocorrer por meio de um braço e contrapeso, os quais deverão ser mantidos em posição de válvula aberta por trava e destravados manualmente ou por eletroímã.

Em caso de emergência, o conjunto deverá fechar ao receber um sinal por um tempo igual ou superior ao que foi estabelecido previamente.

O servomotor deverá atuar como freio durante o fechamento, permitindo controlar o tempo de manobra, evitando danos e cumprindo a condição de segurança. A abertura da válvula deverá se realizar por meio do servomotor, que é comandado pelo sistema de regulação da turbina ou pelo controle local.

Em quaisquer dos casos mencionados a válvula deverá ser aberta, somente havendo pressões equilibradas, em ambos os lados do obturador. Este último deverá funcionar com um sistema de travamento acionado, por sensores de equilíbrio de pressão.

Equipamentos Elétricos Principais

Gerador 3,89 MVA/6,9 kV/450 rpm

Será instalado um único gerador síncrono trifásico, acoplado à sua respectiva turbina. O gerador terá a potência unitária de 3.890 kVA, cos φ = 0,90, tensão nominal 6,9 kV, 360 rpm e será ligado eletricamente ao barramento de 6,9 kV através de cabos isolados. A conexão do

estator do gerador será em estrela, com neutro acessível, que será aterrado através de transformador de aterramento.

O gerador será de eixo horizontal, com uma inércia GD^2 adequada, para permitir operação estável e será provido de um sistema de ventilação aberto. Serão utilizados, nos enrolamentos do estator e do rotor, materiais isolantes de classe F.

O gerador será trifásico, do tipo industrial (ABERTO), sistema de excitação BRUSHLESS (sem escovas), (com) regulador eletrônico de tensão, carcaça de chapas de aço, eixo de aço ABNT 1040/45, isolamento classe "F" (155ºC), bidirecional, fabricado conforme prescrições das normas ABNT, IEC e VDE, com as seguintes características:

Equipamentos Elétricos Auxiliares

Geral

Serão instalados dois geradores síncronos trifásicos, acoplado às suas respectivas turbinas. Cada gerador terá a potência unitária de 3.890 kVA, cos φ = 0,90, tensão nominal 6,9 kV, 450 rpm e serão ligados eletricamente, ao barramento de 6,9 kV, através de cabos isolados.

A conexão do estator do gerador será em estrela, com neutro acessível, que será aterrado através de transformador de aterramento. Os geradores serão de eixo horizontal, com uma inércia GD2 adequada, para permitir operação estável e será provido de um sistema de ventilação aberto. Serão utilizados, nos enrolamentos do estator e do rotor, materiais isolantes de classe F.

O lay-out da casa de força não prevê a existência de galerias específicas para os diversos equipamentos elétricos. Os equipamentos serão adequadamente distribuídos pelo piso da casa de máquinas (EL. 283,00).

Localização dos transformadores

Os transformadores elevadores de 6,9 – 34,5kV (principal e reserva) serão instalados na SE situada próxima à casa de força, por sobre o canal de fuga. Os transformadores serão instalados sobre trilhos. Em cada uma das bases dos transformadores elevadores será prevista a captação de óleo de vazamentos, por um sistema de drenagem e separação óleo-água, não permitindo que o óleo vá para o sistema de água pluvial.

O transformador elevador principal será ligado aos geradores, por meio de cabos isolados da classe de 15 kV, que passarão por canaletas instaladas no piso. O transformador elevador reserva ficará sobre a sua base, aterrado e todas as suas buchas interconectadas e também aterradas.

Sistema de Comando, Controle e Proteção

Unidade Geradora

Cada unidade será controlada a partir do cubículo do regulador de velocidade e de tensão, ou a partir do quadro de proteção do gerador. O modo de controle da unidade poderá ser selecionado pelo acionamento de chaves de transferência de controle dos reguladores de tensão e de velocidade, com as posições manual e automático, montadas no respectivo quadro. O controle manual será efetuado a partir deste quadro e o controle automático, a partir do quadro de comando do gerador.

A usina deverá ser dotada de um sistema de supervisão e controle que permita que esta seja operada tanto de forma local quanto de forma remota. Existem hoje no mercado algumas soluções robustas e viáveis a serem aplicadas com este propósito.

Subestação

A subestação poderá vir a ser controlada a partir do quadro de medição da subestação e proteção da linha de transmissão. Para as linhas de transmissão serão previstos, relés de bloqueio (86LT).

Sistema de Aterramento

Serão previstos três sistemas de aterramento para a usina: subestação, casa de força e para o sistema de computação.

Para o desenvolvimento destes sistemas serão realizadas medições de resistividade de terra nas áreas contempladas no início de construção para que as medidas sejam dos terrenos naturais em época seca. Serão levadas em consideração as tensões de toque e passo conforme as normas existentes.

Malhas Previstas:

- Malha de Aterramento da Subestação

A subestação terá uma malha de terra de cobre nu, ou Copperweld interligada a malha da casa de força. Nela, serão conectados todos os equipamentos elétricos, alguns em mais de um ponto como determinam as normas.

- Malha de aterramento da Casa de Força

A casa de força terá uma malha de terra de cobre nu ou Copperweld, com baixa resistência, que será usada para ligar o potencial de terra a todas as partes metálicas passíveis de serem tocadas por pessoas, bem como o neutro dos geradores, os neutros dos sistemas de média tensão 6,9 kV, os neutros dos sistemas elétricos auxiliares de baixa tensão 220/127 V.

- Malha de Aterramento de Computação

Uma malha de terra será instalada para atender a distribuição de potencial de terra para os equipamentos eletrônicos. A ligação da malha, aos equipamentos, será efetuada por cabos isolados. Deverão ser obedecidas as normas aplicáveis a este tipo de malha de aterramento.

As conexões de aterramento obedecerão aos seguintes critérios:

- Conexões mecânicas, por meio de conectores de pressão. Serão utilizadas de modo geral conexões aparentes, que possam ser removidas;

- Conexões através de solda exotérmica. Serão utilizadas nas ligações enterradas e conexões de elementos metálicos embutidos no concreto.

Sistema de Iluminação e Tomadas

O sistema de iluminação será contemplado com dois sistemas distintos: o de iluminação normal - alimentado por corrente alternada - e o de iluminação de emergência - alimentado por corrente contínua.

O sistema normal deverá ser capaz de promover a adequada iluminação para todos os ambientes de maneira a atender às normas aplicáveis, observando-se especialmente o que dizem as normas trabalhistas aplicáveis a este tópico.

Áreas importantes de necessidade de locomoção dos operadores terão as iluminações de emergência instaladas que entrarão, automaticamente, em funcionamento sem a interferência do operador. Por este critério, teremos áreas de iluminação de emergência instaladas na subestação, casa de força, barragem e tomada d'água.

Na barragem e tomada d'água serão previstas iluminações de emergência por fontes compactas independentes de energia, com iluminação localizada.

Deverão ser previstas tomadas de força monofásicas e trifásicas, em locais estrategicamente localizados dentro da casa de força, externa a esta, bem como na tomada d'água, barragem e subestação. As capacidades, tipos e proteções deverão ser adequadas a cada local de instalação, de maneira a fornecer ali energia elétrica de forma suficiente e segura à atividade desenvolvida. As normas aplicáveis devem ser estritamente observadas na implantação destes acessórios.

Sistema de Comunicação

Serão previstos dois sistemas de comunicação: o primeiro, um sistema de comunicação interno na usina e o segundo um sistema de comunicação externo.

Para o sistema de comunicação interno será previsto uma central PABX com ramais instalados estrategicamente em toda área do empreendimento.

A comunicação externa de voz será efetuada pela rede pública. A comunicação de dados deverá ter uma arquitetura robusta que permita inclusive a futura operação remota desta PCH e neste caso deve-se analisar a opção de comunicação via satélite ou fibra ótica, por meio de canal de dados dedicado.

5.2.2.9 Subestação Elevadora e Linha de Transmissão

Subestação Elevadora

Geral

A PCH Rio dos Índios será conectada ao sistema da concessionária local (COPEL) através de uma subestação elevadora e uma linha de transmissão em 34,5 kV. A linha de transmissão será um alimentador expresso, de uso exclusivo da PCH Rio dos Índios e deve ter cerca de 7 km, até a SE São Tomé, da COPEL.

A subestação ao tempo estará localizada próxima à casa de força e ocupará uma pequena área, cerca de 96 m^2 (8,00 m x 12,00 m), possuindo, além da saída principal, uma saída de linha de transmissão para a tomada d'água em 34,5 kV. Os equipamentos de proteção e controle da subestação serão instalados em painéis dentro da sala de comando da PCH, assim como os painéis destinados ao faturamento. As chaves e disjuntores em 34,5 kV, assim como os Tp's e TC's destinados a proteção, medição e faturamento, serão instalados em uma pequena cabine pré-fabricada, anexa à casa de força.

A conexão do barramento de 6,9 kV com os terminais de tensão inferior do transformador elevador será feita por meio de cabos de bitola adequada instalados em canaleta ou dutos não magnéticos, instalados no solo. Os cabos partirão do interior da casa de força e terminarão na caixa de conexão de terminais do transformador.

A tensão de transmissão será em 34,5kV e a subestação contará com um transformador elevador de 7,78 MVA e demais equipamentos de proteção e manobra. As saídas das linhas de 34,5 KV serão protegidas por disjuntores e seccionadoras, equipadas com lâmina de aterramento. As chaves seccionadoras serão operadas manualmente e possuirão intertravamento mecânico, o que irá permitir operações seguras.

Na saída da linha de 34,5kV para a conexão ao sistema, serão previstos transformadores de potencial e corrente para atender aos requisitos de proteção e medição. Para proteção contra surto será prevista a instalação de pára-raios nas saídas das linhas de transmissão.

Sistema de 34,5 kV

O sistema de 34,5 kV será implantado para que a energia elétrica seja levada até a barragem e assim atender as necessidades da central óleodinâmica de acionamento da comporta da tomada d'água, bem como iluminação da área adjacente. A área do entorno da usina e eventuais moradias de operadores nas proximidades poderão ser atendidas também por esta rede, sendo instalados transformadores abaixadores (34,5kV-220/127V, mono ou trifásicos) em locais adequados.

Comando

O comando do disjuntor de 34,5kV poderá ser feito no local, ou remotamente, através do painel mímico, sendo o controle remoto preferencial, pois elimina o risco de acidente para o operador. As chaves seccionadoras de 34,5 kV serão de acionamento manual.

Aterramento

O sistema de aterramento da subestação será constituído de uma rede de cabos de cobre nu, ou "Copperweld", enterrada a uma profundidade mínima de 0,6 m e com emprego de hastes de aterramento tipo "Copperweld".

Todas as conexões e derivações da malha serão feitas por solda exotérmica e as conexões nos equipamentos por conectores de aperto em liga de cobre.

O sistema de aterramento do pórtico da subestação será interligado ao sistema de aterramento da linha, casa de comando e usina geradora, através de cabos nus, ou "Copperweld".

Serviços Auxiliares e Iluminação

A iluminação do pátio da subestação será feita por meio de lâmpadas a vapor de sódio 400 W, 220 Vca, instaladas em postes metálicos tubulares ou aproveitando as próprias estruturas, se possível.

A iluminação de emergência do pátio será feita por meio de lâmpadas incandescentes de 150 W, 125 Vcc, instalados em pequenos postes tubulares, a uma altura de 3,5 m.

Os cabos para alimentação dos circuitos de iluminação e tomadas no pátio da subestação correrão através de eletrodutos de PVC e/ou eletrodutos de aço galvanizado a uma profundidade de 0,3 m.

Os quadros de iluminação ficarão situados na galeria elétrica da casa de força. Estes quadros serão supridos, respectivamente, em 220-127V e 125 Vcc, pelo transformador de serviços auxiliares da usina (150kVA) e pelas baterias e os retificadores.

As saídas e entradas de ambos os quadros serão protegidas por disjuntores. As tomadas trifásicas e monofásicas, para serviços de manutenção e testes, serão alimentadas por circuitos em 220/127 Vca.

Cercas e Portões - Urbanização e Drenagem

Serão previstos arruamentos de circulação para entrada de equipamentos, em especial atenção para a possibilidade de locomoção dos transformadores elevadores, com previsão de trilhos.

Na área relativa ao pátio da subestação propriamente dita, será prevista a colocação de brita, permitindo um bom visual e proteção aos operadores. Nas áreas onde não existirão equipamentos deverá ser gramada.

A cerca da subestação será construída em mourões de concreto com tela de arame galvanizado. Os portões serão confeccionados com armações tubulares e tela galvanizada.

O Sistema de Transmissão

A PCH Rio dos Índios será conectada ao sistema da concessionária local (COPEL) através de uma subestação elevadora e uma linha de transmissão em 34,5 kV. A linha de transmissão será um alimentador expresso, de uso exclusivo da PCH Rio dos Índios e deve ter cerca de 7 km, até a SE São Tomé, da COPEL. A linha será construída com postes de madeira tratada ou de concreto, sendo que os cabos de fase terão a bitola de fase 107,2 mm^2 (4/0 AWG “Penguin”).

A Figura 5.39 a seguir, apresenta esquematicamente o referido sistema de transmissão para interligação da PCH Rio dos Índios ao sistema da COPEL.

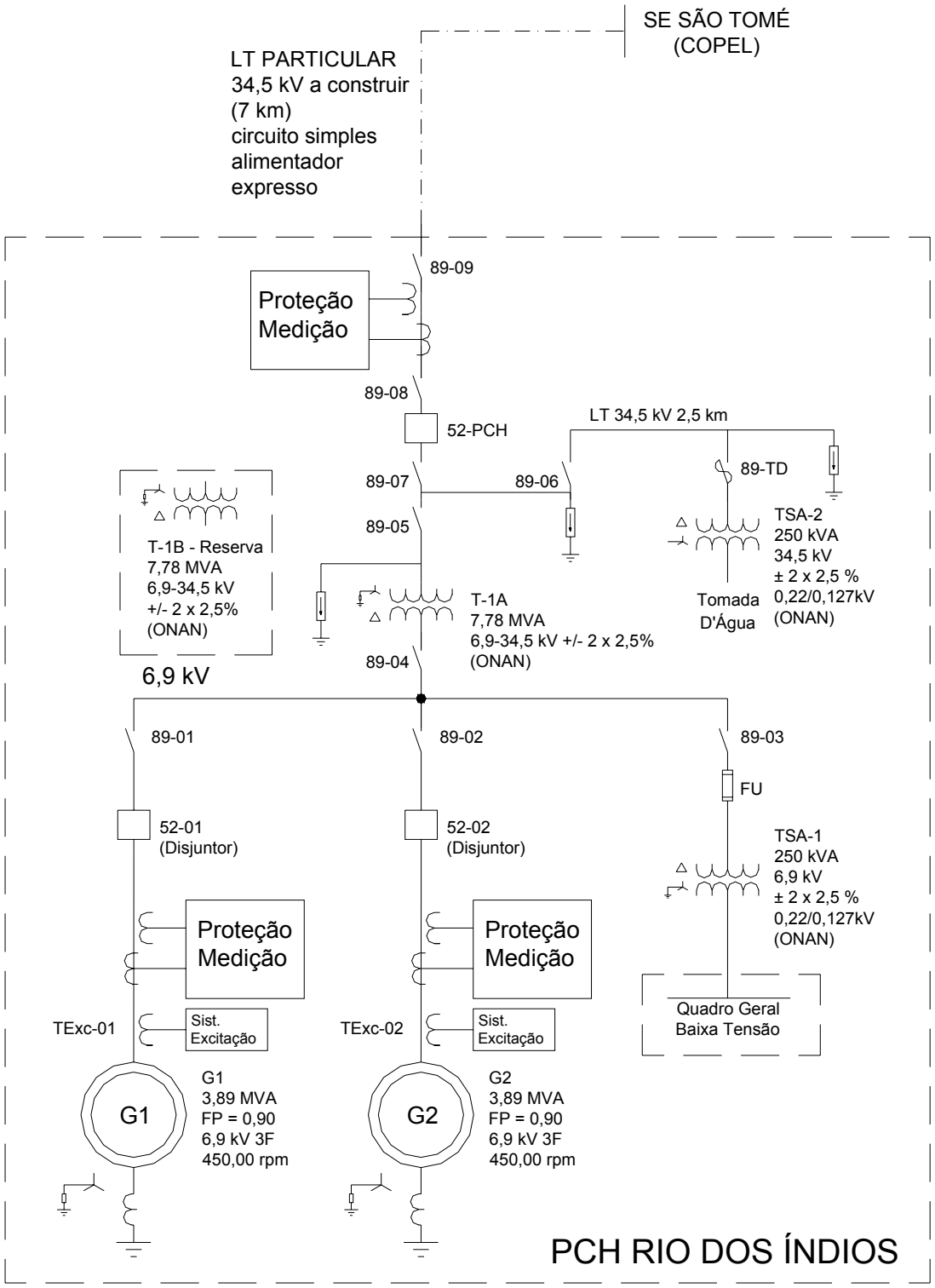


FIGURA 5.39. Unifilar PCH Rio dos Índios.

5.2.2.10 Infra Estrutura de Acampamento e Canteiro Industrial

O desenho ANEXO MAPAS - PBA-RDI-016, apresenta uma sugestão de localização da área destinada à instalação de infra-estrutura do acampamento e canteiro industrial para a construção da PCH Rio dos Índios.

Neste mesmo desenho estão também esquematicamente indicados os acessos internos principais ligando as áreas de acampamento e canteiro às áreas de construção do aproveitamento hidroelétrico.

A localização definitiva desta infra-estrutura e dos respectivos acessos deverá caber, entretanto, ao futuro construtor das obras quando da sua efetiva implantação.

5.2.2.11 Orçamento Detalhado

A Estimativa de Custos (OPE) para a implantação da PCH Rio dos Índios encontra-se nos Quadros 5.8 e 5.9, os orçamentos compactos para a subestação elevadora e linha de transmissão.

O Orçamento Padrão Eletrobrás (OPE) foi elaborado de acordo com as "Diretrizes para Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas", publicadas pela ANEEL/ELETROBRÁS em Janeiro de 2000.

As taxas de eventuais foram estabelecidas em 10% (dez por cento), indistintamente para todas as contas do referido OPE sendo os custos indiretos estimados a partir de obras similares já executadas no estado de Minas Gerais.

A taxa cambial utilizada é de US$1,00 = R$3,00 referente a Julho/2004.

As taxas de eventuais para os orçamentos compactos da subestação elevadora e da linha de transmissão foram estabelecidas em 5% (cinco por cento)

QUADRO 5.8. Orçamento Compacto Para a Subestação Elevadora.

Orçamento Compacto Para a Subestação Elevadora

Taxa Cambial: US$ 1,00 = R$ 3,00 Ref: jul/2004

ORÇAMENTO COMPACTO PARA A SUBESTAÇÃO 34,5kV 7,78 MVA

Item	Descrição	Unidade	Custo R$
1 -	TERRENOS E SERVIDÕES (*)	gl	40.000,00
2 -	OBRAS CIVIS (Inclui Benfeitorias Gerais no Pátio, Urbanização e Acabamento, Fundações e Bases, Edifícios da Subestação, Estruturas, etc).	gl	80.000,00
3 -	EQUIPAMENTOS – AQUISIÇÃO		
	a) Equipamentos Principais (1 Trafo 7,78MVA)	gl	250.000,00
	b) Demais Equipamentos	gl	120.000,00
4 -	MONTAGEM ELETROMECÂNICA	gl	50.000,00
5 -	TRANSPORTE E SEGUROS	gl	5.000,00
6 -	MEIO AMBIENTE (*)	gl	
7 -	CUSTOS DIRETOS (Somatório dos itens anteriores)		545.000,00
8 -	CUSTOS INDIRETOS (5%) (Corresponde aos custos do Canteiro e Acampamento, Engenharia e Administração)		27.250,00
9 -	EVENTUAIS (5%)		27.250,00
10 -	CUSTO TOTAL		599.580,00

(Quinhentos e noventa e nove mil e quinhentos e oitenta reais)

QUADRO 5.9. Orçamento Compacto Para a Linha de Transmissão.

Orçamento Compacto Para a Linha de Transmissão	7,0 Km	34,5 Kv
Taxa Cambial: US$ 1,00 = R$ 3,00 Ref: jul/2004		
Item **Descrição Unidade**		**Custo R$**
1 - TERRENOS E SERVIDÕES	gl	15.000,00
2 - OBRAS CIVIS (Inclui a Limpeza de Faixa de Servidão, e Fundações)	gl	30.000,00
3 - ESTRUTURAS		
4 - CONDUTORES AÉREOS E ACESSÓRIOS Isoladores e Ferragem + Cabo Condutor + Cabos Pára-Raios + Fio Contrapeso + Acessórios =	gl	
Conexão no sistema CEMIG	gl	
5 - MONTAGEM ELETROMECÂNICA + PROJETO	gl	
6 - TRANSPORTE E SEGUROS (3%)	gl	
SOMA DOS ITENS 3 a 6 – 7 km de linha 34,5 kv (simples)		224.000,00
7 - MEIO AMBIENTE	gl	40.000,00
8 - CUSTOS DIRETOS (Somatório dos itens anteriores)	gl	309.000,00
9 - CUSTOS INDIRETOS (5%) (Corresponde aos custos de Canteiro, Engenharia e Administração)	gl	15.450,00
10 - EVENTUAIS (5%)	gl	15.450,00
11 - CUSTO TOTAL	gl	339.900,00
(Trezentos e trinta e nove mil e novecentos reais)		

5.2.3. Indice de Custo X Benefício do Aproveitamento

O índice de custo x benefício corresponde à relação entre os custos associados ao empreendimento e o benefício decorrente da valorização da sua energia firme anual.

Este custo é expresso pela seguinte formula:

$$I_{CB} = \frac{CT \times FRC + COM \times PI}{8760\ E_M}$$

Sendo:

- ICB: Custo da energia média gerada pela PCH Rio dos Índios;
- (Expresso em US$ / MWh);
- CT: Custo total do aproveitamento incluindo J.D.C. (US$);
- Pi: Potência instalada (kW);
- COM: Custo anual de operação e manutenção (admitido US$ 2,50/kW.ano);
- FRC: Fator de recuperação do capital dado por:

$$FRC = \frac{j\ (1 +}{(1+j)z -}$$

- j: Taxa anual de juros (15% ao ano);
- z: Vida útil da usina, (admitido 30 anos);
- EM: Energia média gerada pela usina em MW médios;

$$I_{CB} = \frac{US\$\ 7.950.000 \times 0{,}15230 + US\$\ 2{,}50 \times 7.000}{8.760 \times 4{,}62MW} = US\$\ 30{,}35/MWh$$

Referência: julho / 2004 (1 US$ = R$ 3,00)

O Índice de Custo x Benefício para a Energia firme (I_{CB}), seria:

I_{CB1} = US$ 30,35/MWh (ou, R$ 91,05/MWh)

A este custo, deverão ser adicionados os custos do sistema de transmissão associado e os seguintes impostos e taxas: COFINS/PIS/ANEEL, contribuição social sobre o lucro antes do imposto de renda, imposto de renda sobre o lucro real e o adicional sobre o lucro excedente.

6. ASPECTOS LEGAIS E METODOLÓGICOS DA ELABORAÇÃO DO RAS

6.1. Aspectos Legais

6.1.1. Síntese da Legislação Pertinente

Os procedimentos para obtenção de licenciamento ambiental para empreendimentos do setor elétrico são estabelecidos nas Resoluções CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986 e nº 006, de 16 de setembro de 1987, 237 de 19 de dezembro de 1997 de forma complementar. A primeira resolução, no seu Art. 2º estabelece a necessidade de estudo de impacto ambiental para atividades modificadoras do meio ambiente, especificando Linhas de Transmissão no seu item VI.

A Resolução CONAMA nº 006, de 16 de setembro de 1987 que estabelece as regras gerais para licenciamento de obras de grande porte, especifica para Linhas de Transmissão e Sub-Estações, em seu Art. 6º, quando deve ser feito o licenciamento e no anexo, discrimina os documentos necessários para cada tipo de licenciamento. Em decorrência da resolução CONAMA de 1994 que determina a necessidade de revisão do sistema de licenciamento, a resolução 237 de 1997, complementa a resolução anterior detalhando as definições e critérios para pedido e obtenção de Licenças.

Devido à defasagem dos setores de geração e distribuição de energia elétrica no país, foi facultada aos empreendimentos capazes de aumentar a oferta de energia elétrica, a elaboração de Relatório Ambiental Simplificado – RAS, com o intuito de estabelecer procedimento simplificado para o Licenciamento Ambiental, propocionando maior agilidade ao setor.

O Licenciamento Ambiental, através de procedimentos simplificados, foi regulamentado através da Resolução CONAMA nº 279 de 27 de junho de 2001, que apresenta, em seu anexo o escopo mínimo para o Relatório Ambiental Simplificado.

6.2. Aspectos Metodológicos

O RAS além de cumprir uma exigência legal quanto aos estudos energéticos dos corpos d'água, também procura subsidiar o conhecimento da área onde deverá estar inserido o

empreendimento do ponto de vista físico, biótico e socioeconômico, zelando pela conservação local, dirimindo interferências ambientais e, quando possível, potencializando impactos positivos. Desta forma, os estudos ambientais vêm complementar os estudos de engenharia, no intuito de buscar alternativas de desenvolvimento ambiental sustentável.

Considerando-se que este estudo ambiental faz parte do licenciamento ambiental da PCH Rio dos Índios, para o desenvolvimento dos estudos na área prevista para a implantação da mesma, tanto em escala regional, quanto local, foram definidas as seguintes etapas de trabalho:

- Primeira Etapa: realização de revisão bibliográfica (dados secundários) relativa aos Meios Físico, Biótico e Socioeconômico, a fim de que fosse obtido um conhecimento geral da área de interesse dos estudos, principalmente da Área de Influência Indireta (AII);
- Segunda Etapa: levantamentos de dados primários das áreas física, biótica, sócio-econômica, caracterizando a Área de Influência Direta (AID);
- Terceira Etapa: consolidação e integração dos dados e elaboração do RAS

6.2.1. Delimitação das Áreas de Influência Direta e Indireta do Empreendimento

Os Estudos do Relatório Ambiental Simplificado (RAS) para o projeto da PCH Rio dos Índios objetivam aprimorar o nível de informações sobre a área de influência deste empreendimento como condição básica para a elaboração dos estudos referentes aos impactos sócio-ambientais.

A delimitação das áreas de influência de um projeto assume grande importância para o direcionamento da coleta de dados voltada para o diagnóstico ambiental e para avaliação de impactos ambientais.

As áreas de influência são aquelas afetadas direta ou indiretamente pelos impactos decorrentes do empreendimento, durante a sua implantação e operação. Estas áreas normalmente assumem tamanhos diferenciados dependendo da variável considerada (meios físico, biótico e sócio econômico/antrópico).

Classicamente, são utilizados os seguintes conceitos:

- Área de Influência Indireta (AII), onde os impactos se fazem de maneira secundária ou indireta e com menor intensidade que os ocorridos nas AID. Normalmente, são dados secundários de levantamentos regionais ou seja, macroabordagem;
- Área de Influência Direta (AID), como sendo aquele território onde as relações sociais, econômicas e culturais e as características físico-biológicas sofrem os impactos de maneira primária, ou seja, há uma relação direta de causa e efeito;

Os limites das Áreas de Influência foram determinados considerando o alcance dos efeitos decorrentes das ações do empreendimento sobre os sistemas ambientais da região tanto de natureza físico-biológico, quanto sócio-econômico.

6.2.1.1 Meio Físico-Biótico

No empreendimento em questão, os efeitos decorrentes das ações para sua instalação e operação devem ser considerados sob o aspecto da superfície física envolvida. Assim, as áreas de influência do empreendimento foram delimitadas cartograficamente, considerando suas áreas físicas de abrangência.

Área de Influência Indireta (AII)

Para delimitação da AII foi considerada a bacia hidrográfica do Rio dos Índios, com limite definido pela área da futura casa de força da PCH Rio dos Índios. Esta área se justifica como sendo aquela potencialmente exposta aos impactos indiretos gerados pelo empreendimento como, por exemplo, alterações na quantidade e na qualidade das águas decorrentes do represamento de água e da movimentação de terra; alteração do fluxo de espécies da fauna entre o local e seus arredores.

Área de Influência Direta (AID)

Caracteriza-se como a área objeto das intervenções realizadas no processo construtivo e que vai ser alterada fisicamente para implantação do empreendimento, incluindo as obras de infraestruturas necessárias para execução do projeto da Hidrelétrica, estando sujeita a impactos diretos sobre os fatores destes meios (supressão da vegetação, movimentação de terra, intervenções em cursos d'água, geração de resíduos sólidos).

Portanto, a AID corresponde a área que vai desde o reservatório e seus afluentes diretos a até as areas utilizadas no processo construtivo (Instalações temporárias, ou permanentes, e o trecho emtre o barramento e a casa de força)

6.2.1.2 Meio Sócio-Econômico e Cultural

Os estudos do meio sócio-econômico e cultural consideram como área de influência a divisão político-administrativa do espaço territorial, ou seja, os municípios cujo território ou parte dele esteja sob influência da Hidrelétrica PCH Rio dos Índios.

Nestes estudos não foi considerado o mesmo critério de definição da área de influência do empreendimento que o utilizado para o meio físico e biótico em razão do meio sócio-econômico apresentar maior abrangência dos seus efeitos.

Área de Influência Indireta (AII)

Uma vez que, para a análise da Área de Influência Indireta, delimitou-se a atuação da indústria avícola no Estado do Paraná, devem fazer parte do diagnóstico, as metas públicas e privadas para benefício da exploração avícola industrial, bem como, os demais componentes envolvidos nessa cadeia de produção que são responsáveis pela geração de impactos ambientais, sociais, econômicos e culturais.

Área de Influência Direta (AID)

Consiste na análise do meio socioeconômico e cultural que envolve a produção convencional e as inovações geradas pelo setor avícola. Estas inovações no setor estão relacionadas à maunutenção deste diante de um cenário de negócios extremamente competitivo e podem ser descritas, como neste caso, pela busca de autossufuciência na produção de energia eletrica.

No caso da PCH Rio dos Índios, a Área de Influência Direta corresponde aos municípios de Indianópolis, Japurá e São Tomé envolvidos pela construção do lago e Cianorte, onde se localiza o sistema produtivo.

7. ALTERNATIVAS LOCACIONAIS E TECNOLÓGICAS DO EMPREENDIMENTO

Os estudos de alternativas tanto locacionais quanto tecnológicas para a implantação da PCH Rio dos Índios foram definidos no Projeto Básico do empreendimento, mantendo-se a solução apresentada nos Estudos de Inventário Simplificado praticamente inalterada.

Fizeram-se apenas pequenas alterações nas barragens de terra e na galeria de desvio para adequá-las à nova topografia de precisão feita para o sitio do aproveitamento.

O arranjo geral da implantação da PCH na área selecionada pode ser visto, conforme citado anteriormente, na Planta ANEXO MAPAS - PBA-RDI-017 situado entre os municípios de Indianópolis, Japurá e São Tomé.

8. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII)

8.1. Meio Físico

8.1.1. Clima

Introdução

O clima do Brasil apresenta-se dividido em Megatérmico (altas temperaturas) e Mesotérmico (médias temperaturas) com variações regionais devido à influência de fatores como mudanças no relevo, maiores ou menores latitudes e atuação de massas de ar continentais polares e marítimas. O Brasil, em função de sua grande extensão territorial e a relação exercida com os fatores anteriormente citados, tem seu clima dividido regionalmente em Equatorial, Tropical Equatorial, Tropical Litorâneo do Nordeste Oriental, Tropical Úmido-Seco ou do Brasil Central e Subtropical Úmido.

Classificação Climática

Como base de dados para a análise climática do Paraná utilizou-se dos mapas e acervo de informações do IAPAR – Instituto agronômico do Paraná, adquiridos através de sua rede de estações, composta por 33 estações agrometeorológicas, ao longo de 26 anos.

De acordo com a classificação climática proposta por W. Köppen, baseada nas variáveis, vegetação, temperatura e pluviosidade, o Estado do Paraná, junto a Rio Grande do Sul, Santa Catarina e parte dos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, tem a maior parte de seu território inserido no clima Subtropical Úmido Mesotérmico, sendo este, subdividido em Cfa (úmido em todas as estações com verão quente) e Cfb (úmido em todas as estações com verão moderadamente quente).Conforme a classificação climática de Köppen:

- Cfa: Possui temperaturas médias inferiores a 18°C no mês mais frio e superiores a 22°C no mês mais quente. Os verões são quentes com tendência a concentração de chuvas, as geadas são pouco freqüentes e não dispõe de estação seca bem definida.

- Cfb: As temperaturas médias são inferiores a 18°C no mês mais frio e a 22°C no mês mais quente com verões frescos e sem estação seca definida. O mapa a seguir mostra a classificação climática do Estado do Paraná.

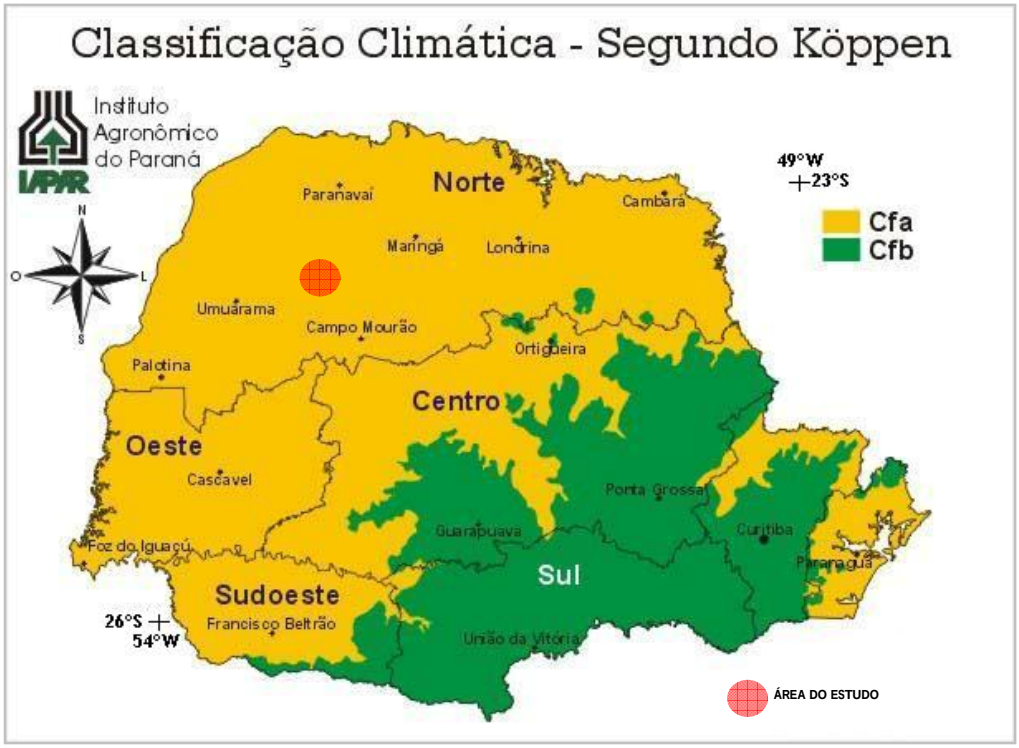


FIGURA 8.1. Classificação Climática do Paraná. Fonte: IAPAR, 2000.

A variabilidade climática do Estado do Paraná é determinada pelos seguintes fatores:

- A forma do relevo do estado, representado por três grandes planaltos com diferentes altitudes entre si e grandes divisores orográficos (Serra Geral, Escarpa Devoniana e Serra do Mar).
- A dinâmica e a circulação atmosférica da região sul do país, controladas por massas de ar tropicais e polares (MTA – Massa Tropical Atlântica, MTC – Massa Tropical Continental, e MPA – Massa Polar Atlântica), que trazem variações no clima do Estado ao longo do ano.

- Corrente Marítima Quente do Brasil que colabora com o aumento da umidade e da temperatura no litoral paranaense.
- MEC – Massa Equatorial Continental, que, principalmente no período do verão, migra da região centro-ocidental da Planície Amazônica trazendo calor e umidade as regiões centro, norte e nordeste do Estado.
- Ações antrópicas com a alteração na cobertura vegetal, desenvolvimento da agricultura e pecuária, urbanização e industrialização do Paraná.

Temperatura

O Paraná conta com uma variação de médias térmicas anuais de 15°C na região sul a 24°C na noroeste do Estado. Esta variação de temperaturas é resultante da atuação de diferentes massas de ar, nas diferentes épocas do ano, em conjunto com o relevo do Estado que lhes proporciona um direcionamento específico. No trimestre mais quente (dezembro, janeiro e fevereiro) as temperaturas do estado variam de 21°C a 30°C e no trimestre mais frio (junho, julho e agosto) vão de 11°C a 19°C.

No caso das porções oeste, norte, noroeste e parte das regiões centro e sudoeste do Estado ocorre, sobretudo no verão, a atuação da MEC que é responsável por um aumento na temperatura fazendo com que as médias anuais destas regiões sejam mais elevadas, variando de 19°C na região de Wenceslau Braz a 24°C próximo a Querência do Norte.

O litoral paranaense recebe influência direta da Corrente Marítima Quente do Brasil e da MTA, responsáveis pelo aumento na temperatura média da região, que só não é maior pela grande concentração de umidade na mesma, variando de 19°C a 21°C durante o ano.

A região sul e parte das regiões centro, leste e sudoeste do Estado apresentam as menores medias térmicas anuais, oscilando entre 15°C próximo às cidades de Palmas e General Carneiro, 16°C na região de São José dos Pinhais e 17°C em Curitiba e Ponta Grossa. As médias térmicas anuais mais amenas destas localidades têm como responsável a MPA que, ao seguir a calha natural do relevo do Estado, traz a região baixas taxas de umidade e de temperaturas durante todo o ano. O mapa a seguir traz as médias anuais de temperatura do Estado do Paraná.

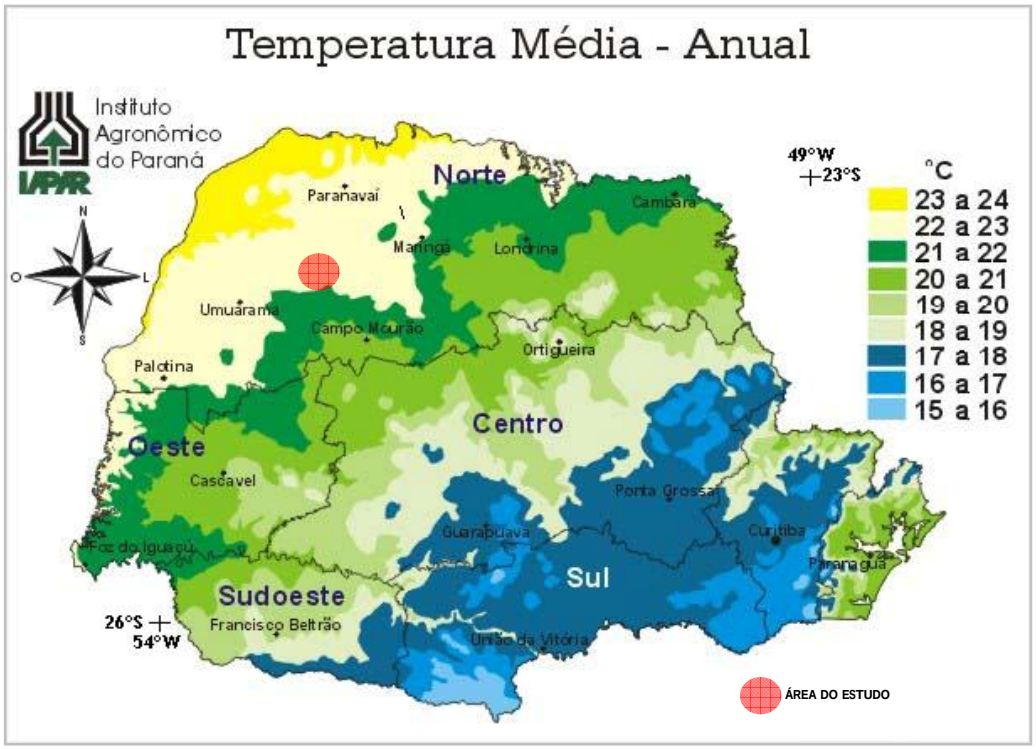


FIGURA 8.2. Médias Térmicas Anuais do Estado do Paraná. Fonte: IAPAR, 2000.

Pluviosidade

A pluviosidade média anual do Paraná apresenta-se bem distribuída embora seja possível observar variações regionais entre o norte do Estado, que apresenta índices entre 1.200mm e 1.800mm, e as porções sul e leste com índices de 1.800mm a até 3.500mm. Em geral, as áreas pertencentes ao clima Subtropical Úmido apresentam-se com maior regularidade pluviométrica anual resultante da atuação de sistemas atmosféricos oceânicos (MTA e MPA) e equatoriais (MEC).

No Paraná as regiões com índices pluviométricos mais reduzidos são a norte e parte do centro-oeste com seus valores oscilando entre 1.200 mm perto de Paranavaí e 1.800 mm próximo a Campo Mourão. As demais regiões do Estado contam com índices mais elevados que vão desde mais de 1.800 mm próximo a cidade de Cascavel a até 3.500mm em Francisco Beltrão e no Litoral. O mapa a seguir traz a média anual da distribuição pluviométrica no Estado do Paraná.

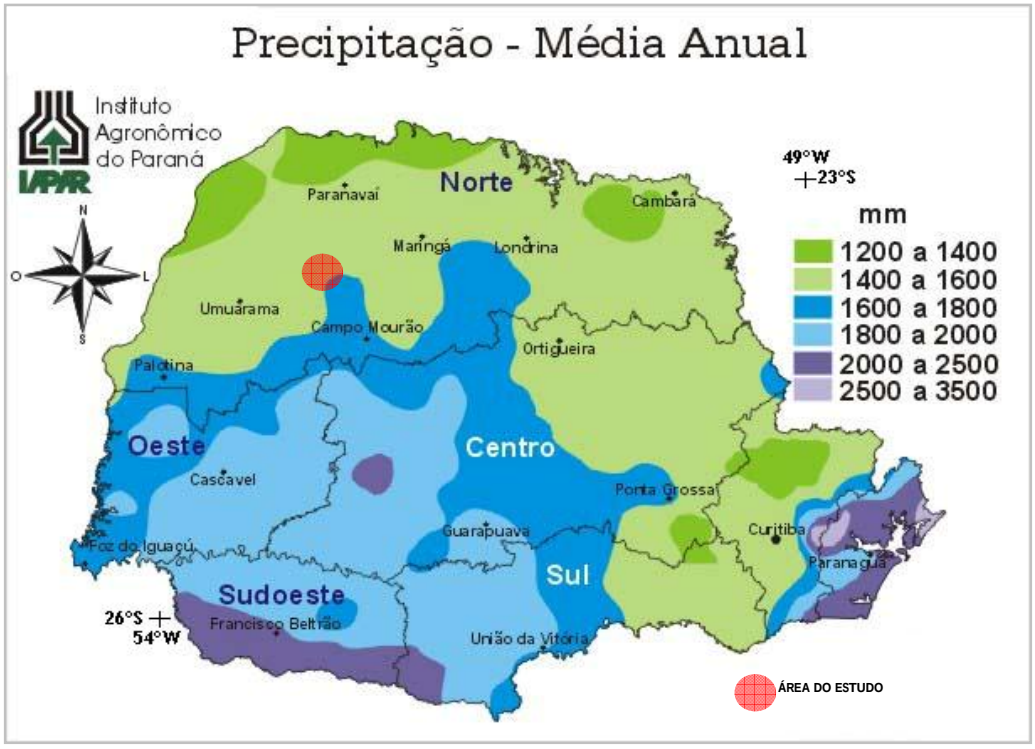


FIGURA 8.3. Preciptação Anual do Paraná. Fonte: IAPAR, 2000.

Umidade Relativa

Em função de sua localização, o Estado do Paraná tem seu clima constantemente influenciado por massas de ar de origens oceânica (MTA e MPA) e equatorial (MEC) que lhe conferem a característica de altos índices pluviométricos e de temperatura.

A Umidade Relativa do Ar, dada pela relação entre vapor existente no ar e ponto de saturação do mesmo, varia de acordo com a proximidade de corpos hídricos, a quantidade de chuvas e a temperatura - que incide diretamente na evaporação da água transformando-a em vapor.

No caso do Paraná, as menores taxas de Umidade Relativa do Ar apresentam-se nas regiões norte e noroeste, onde variam de 65% a 70%. As maiores taxas se encontram na porção leste do Estado, variando de 80% a 85%.

Está diferença pode ser entendida pela proximidade da região leste do Estado com o litoral paranaense e parte da mata atlântica que contribuem para formação e acumulação de vapor d'água através do processo de evaporação e da influencia do relevo (formação das chuvas orográficas ou de relevo) tendo elevados índices pluviométricos, enquanto a parte noroeste do estado, intensamente utilizada na produção agrícola e agropecuária, apresenta um baixo volume de chuvas, poucos remanescentes florestais e considerável distância de corpos hídricos.

No que concerne ao restante do Paraná, as taxas de Umidade Relativa oscilam entre os 70% na porção oeste e 80% na região nordeste e parte do centro do Estado. O mapa seguir traz as linhas higrométricas do Estado do Paraná.

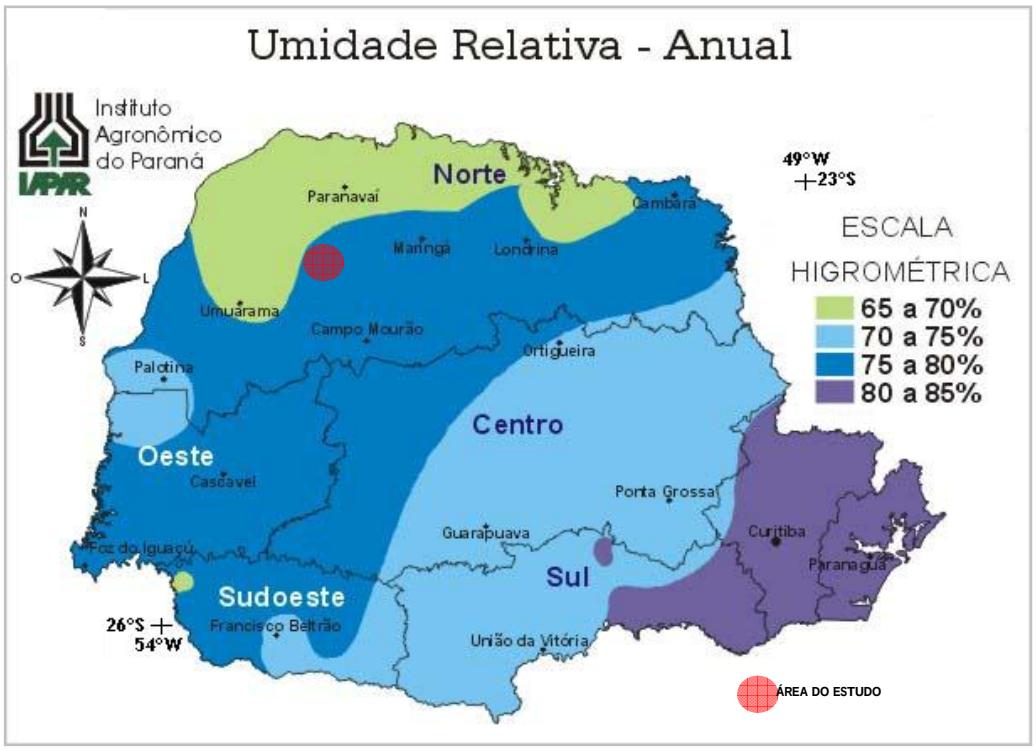


FIGURA 8.4. Média Anual de Umidade no Paraná. Fonte: IAPAR, 2000.

Evapotranspiração

As taxas de evapotranspiração variam consideravelmente no decorrer do ano, mais intensa na primavera e no verão e moderada no outono e inverno, e o conhecimento desta quantidade de água perdida para a atmosfera é fundamental para se conhecer o balanço hídrico de certa região.

Direção dos Ventos

Situado entre os paralelos de 22°S e 27°S, o estado do Paraná recebe influência do Anticiclone Semi-fixo do Atlântico Sul, principalmente durante o verão, com predominância de ventos vindos das direções leste (E), nordeste (NE) e sudeste(SE) conforme FIGURA 8.6.

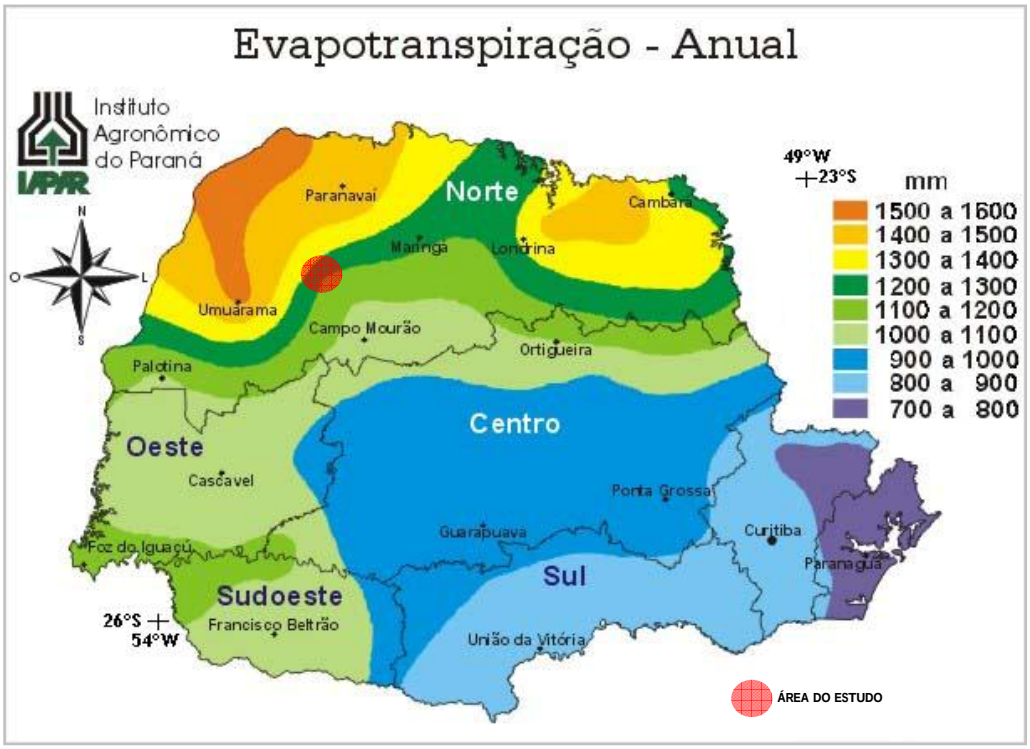


FIGURA 8.5. Evapotranspiração Anual do Paraná. Fonte: IAPAR, 2000.

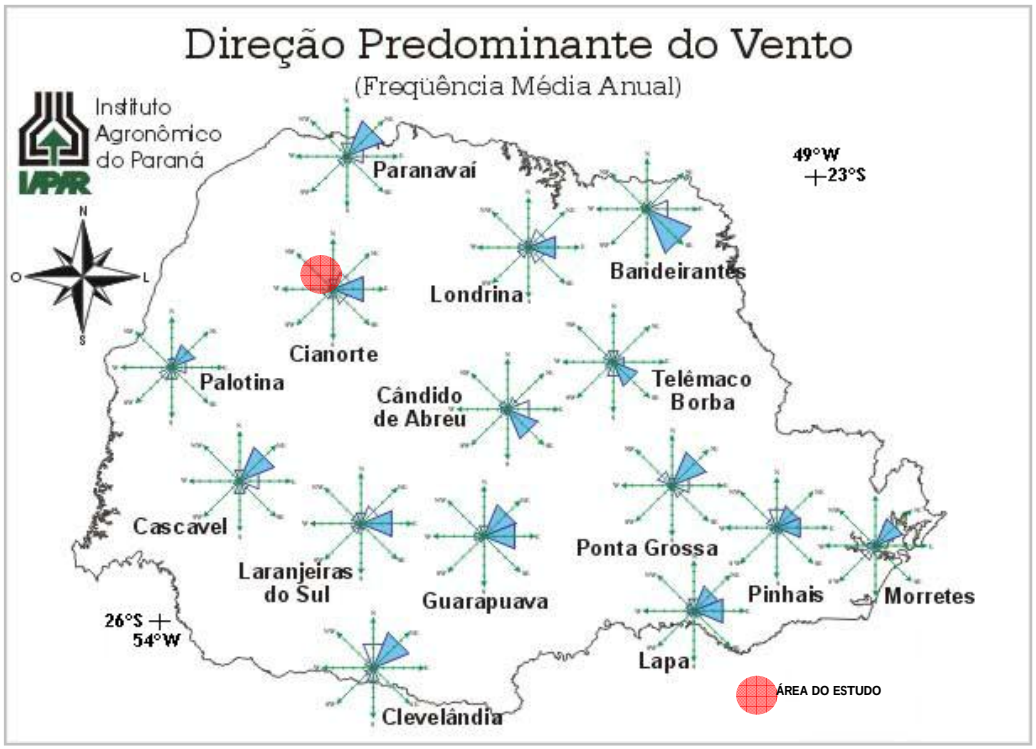


FIGURA 8.6. Direção Predominante dos Ventos. Fonte: IAPAR, 2000.

8.1.2. Geologia

A bacia do rio dos Índios está situada no noroeste do Paraná, tendo como arcabouço geológico, os arenitos da Formação Caiuá, os basaltos da Formação Serra Geral e sedimentos mais recentes de idade Cenozóica, ANEXO MAPAS – PBA-RDI-010 cujas formações indicam rochas de parte da seqüência Mesozóica da Bacia do Paraná.

A formação Serra Geral, engloba as rochas correlacionadas com o Trapp basáltico toleítico, que cobre extensa área do Brasil Meridional. Compreende a espessa sequência de derrames de lavas basálticas (com intercalações de arenitos e brechas intraformais), sobrejacentes às camadas de arenitos eólicos da Formação Botucatu e, subjacente aos sedimentos da Formação Caiuá. Inclui, ainda, rochas básicas intrusivas, sob a forma de diques e “sills” (diabásios) e lavas ácidas diferenciadas, que não afloram na área de interesse dos estudos.

As rochas basálticas possuem relativa uniformidade de composição, sendo constituídas, principalmente, por plagioclásios cálcicos, sendo mais freqüentes a labradorita, augita e pigeanita, ocorrendo de forma secundária, titano magnetita, apatita quartzo, feldspato K e, raramente, biotita. A textura basáltica, rica em vidro intersticial, é característica.

O Trapp basáltico repousa discordantemente sobre os arenitos eólicos Botucatu, sendo recoberto, por sua vez, em larga extensão na parte noroeste, por sedimentos mais jovens, representados pela Formação Caiuá.

As camadas da Formação Caiuá se desenvolvem a partir dos últimos derrames de lava e representam a continuidade do processo de sedimentação eólica, estendendo-se sobre os derrames basálticos. A Formação Caiuá consiste de arenito fino, com variações locais desde muito fino a grosso, mas, com grande uniformidade textural. De composição quase que, exclusivamente, quartzosa, o arenito pode apresentar ainda, microclínio, calcedônia, argila e, mais raramente, muscovita, zirconita, turmalina e plagioclásio. Via de regra, a rocha apresenta cimento silicoso, podendo ser encontrado cimento calcífero e matriz argilosa.

Os arenitos possuem coloração violácea com pontos e manchas claras. Têm granulometria média a grossa, com estratificação cruzada, típica de deposição eólica. Repousam discordantemente sobre a Formação Serra Geral, sendo recobertos por sedimentos recentes, em especial, aluviões.

No que tange aos aspectos estruturais, a Área de Influência insere-se no prolongamento para noroeste do eixo do Arco de Ponta Grossa. A área é atravessada pelos lineamentos NW-SE, que permaneceram ativos durante sua história geológica em estudo e, cuja manifestação pode ser evidenciada por diferenciação de isópacas da Formação Caiuá. Pode-se inferir que, a principal estrutura da região, possivelmente, seja o contato da Formação Serra Geral e da Formação Caiuá.

Outras manifestações estruturais podem ser notadas no fraturamento das rochas basálticas, sendo que há dois tipos de fraturamento. O primeiro é sub-horizontal, característico do topo e da base dos derrames, sendo formado à custa das isotermas durante o resfriamento dos

derrames basálticos. No segundo, observam-se películas miloníticas nas superfícies das fraturas e estrias de atrito, tanto sub-horizontais como na direção do mergulho.

É lícito ressaltar que, o rio dos Índios, assim como seus tributários correm, quase que totalmente sobre rochas da Formação Caiuá.

Em seus últimos 40km (sentido montante-jusante), inicia-se a área com afloramentos da Formação Serra Geral. O basalto, na microbacia do rio dos Índios, encontra-se, quase, totalmente recoberto por solo, aflorando apenas no leito das drenagens, onde provoca corredeiras e pequenos saltos.

Concomitantemente às Formações Caiuá e Serra Geral, o rio dos Índios é marcado pelos depósitos aluviais recentes, que são delimitados por uma estreita planície aluvial, ou aparecem como depósitos à meia encosta (depósitos coluvionares), alçados em relação à drenagem atual uma dezena de metros e são constituídos por intercalações de lentes e camadas de composição arenosa, argilosa ou argilo arenosa.

8.1.3. Geomorfologia

Quanto ao modelado do relevo (aspectos geomorfológicos) toda a bacia do rio dos Índios encontra-se no Terceiro Planalto Paranaense, ou Planalto de Guarapuava, que se caracteriza pela ausência de relevos acidentados, apresentando predominantemente, colinas e morros de pequena amplitude.

Como esperado, a litologia influencia o modelado do relevo. Assim, nas áreas de ocorrência do basalto, têm-se desde relevos de morros até relevos de colinas amplas, com pequena amplitude (até 100m), topos extensos aplanados, vertentes com perfis retilíneos e convexos e tendência a certo paralelismo, ora segundo a direção N-S, ora E-W.

Por sua vez, na área de domínio da Formação Caiuá (arenitos), que compreende a maior porção da bacia do Rio dos Índios, especificamente no local onde deverá inserir-se a PCH Rio dos Índios, há um predomínio de relevo de colinas amplas, com topos extensos e arredondados,

perfis convexos, e baixa declividade. Ocorrem ainda, pequenos morros convexos (em forma de meia laranja), com amplitude em torno de 20,0m, que se destacam significativamente do modelado colinoso adjacente. Esses morros são sustentados por arenitos, predominantemente grossos, muito alterados, porosos e que não deixam transparecer a existência de algum tipo de cimento ou matriz. Ainda aparecem, de forma geral, vales assimétricos, com uma vertente muito suave e outra relativamente abrupta. Isso se deve, provavelmente, à inclinação da estratificação cruzada dos arenitos, ou a basculamentos regionais.

De forma sucinta, pode-se afirmar que há uma diferença básica entre as morfologias estruturadas sobre o basalto e sobre o arenito, a primeira possui um relevo mais movimentado e os vales são mais encaixados, a segunda possui vales amplos com frequente desenvolvimento de planícies aluviais. No que concerne às formas e processos erosivos estes ocorrem em geral nos depósitos coluvionares, quando são depositados nos afluentes de menor porte e nas cabeceiras do rio dos Índios (erosão à montante). Vale frisar que, em diversos locais da bacia, há propensão a instalação e/ou intensificação de formas erosivas. Isto ocorre, sobretudo, nos depósitos coluvionares, conforme exposto anteriormente, de origem da Formação Caiuá, devido a sua textura essencialmente arenosa, podendo gerar voçorocas e ravinas, onde houver concentração de fluxo superficial.

8.1.4. Pedologia

A bacia do Rio dos Índios faz parte do Terceiro Planalto, ou Planalto de Guarapuava que, é uma região cuja característica marcante é ter sido alvo dos grandes derrames de lavas básicas. Este Planalto desenvolve-se a oeste da escarpa mesozóica e suas formas de superfície são esculpidas nos extensos derrames vulcânicos do Grupo São Bento e na porção noroeste do estado, na Formação Caiuá, o qual documenta um clima árido durante a Era Mesozóica, do Triássico Superior até o Cretáceo.

Apesar da uniformidade na conformação da superfície, observa-se que há litologias diferentes que, conjugadas à forma do relevo e ao clima, originam diferentes tipos de solos. Nesse ínterim, no Rio dos Índios, no sentido de montante para jusante, de acordo com o "Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná" (EMBRAPA/IAPAR, 1984), têm-se: região da

nascente, Argissolo Vermelho Amarelo distrófico; no alto e na primeira metade do médio curso, Argiloso Vermelho Amarelo eutrófico; na segunda metade do médio curso tem-se Gleyssolos Háplicos e; no baixo curso, tem-se Nitossolo Vermelho Perférrico eutrófico. Ressalta-se que, envolvendo os solos acima referidos, tem-se o Latossolo Vermelho Escuro eutrófico.

Uma vez que a PCH Rio dos Índios deverá ser construída no quilômetro 28,30 (sentido jusante-montante), a descrição se resumirá aos solos encontrados no baixo curso do Rio dos Índios.

Associando-se os tipos de solos com a litologia, pode-se afirmar que os antigos terraços fluviais originaram os Solos Gleyssolos Háplicos e a Formação Caiuá (Planalto de Guarapuava) deu origem ao Latossolo Vermelho Escuro eutrófico e ao Argissolo.

Por sua vez, o solo derivado de rochas eruptivas básicas ocorrentes no Terceiro Planalto é o Nitossolo Vermelho Perférrico eutrófico. Os solos do Grupo do Latossolo caracterizam-se por ser minerais, profundos, com horizonte B latossólico, de textura argilosa, coloração vermelha, porosos, bem drenados e com sequência de horizontes A, B e C.

São solos que apresentam baixo conteúdo de minerais primários. A fração argila é constituída predominantemente por minerais do tipo caulinita e por sesquióxidos. São fortemente a extremamente ácidos, com baixa saturação de bases e com elevada saturação de alumínio, indicando sua baixa fertilidade natural. Estes solos apresentam um baixo conteúdo de silte e baixa relação silte/argila, o que indica o estágio avançado de intemperização dos mesmos.

De uma forma geral, o Latossolo encontrado na bacia do rio dos Índios, possui baixa capacidade de troca catiônica (CTC) e, os cátions trocáveis estão mais concentrados na superfície, provavelmente devido à reciclagem biológica de nutrientes, acompanhando os teores de matéria orgânica; assim, a CTC é a mais alta no horizonte A. No entanto, os pontos de troca são ocupados, quase que totalmente, pelos íons ácidos, hidrogênio e alumínio, evidenciando o processo de intensa lixiviação a que estão submetidos.

Os Nitossolos Vermelho Perférricos são solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural, argila de baixa capacidade de troca de cátions, ricos em sesquióxidos de

ferro e alumínio e derivados de rochas eruptivas básicas. O Nitossolo encontrado na área de interesse dos estudos caracteriza-se por sua alta fertilidade natural (eutrófico), moderadamente ácido e, praticamente, sem alumínio trocável.

É característica ainda dos Nitossolos, a abundância de minerais pesados, muitos dos quais, atraídos por um ímã comum e a efervescência com água oxigenada, devido aos teores relativamente elevados de manganês.

Por fim, margeando o rio dos Índios, em parte de sua calha, têm-se os Gleyssolos Háplicos, que são solos mal drenados ou muito mal drenados, nos quais as características zonais, determinadas pela ação do clima e vegetação não se desenvolvem integralmente, em virtude da restrição imposta pela grande influência da água no solo, condicionada sempre pelo relevo e natureza do material originário. Sob estas condições, forma-se um solo caracterizado por apresentar cores neutras nos horizontes subsuperficiais, geralmente com mosqueados proeminentes sobre fundo de cromas baixas, em virtude da redução do ferro, indicativo da "gleyzação". Apresenta ainda, em alguns casos, acúmulo superficial de matéria orgânica.

Os Gleyssolos são de fertilidade variável e desenvolvidos a partir de sedimentos aluviais ou colúvio aluviais, sendo que em geral, a granulometria é muito fina, dando origem, por conseguinte, a solos argilosos. Ocorrem em relevo praticamente plano, em altitudes variáveis desde 200m até aproximadamente 1.100m. Em relação às limitações para o uso destes solos, o relevo normalmente plano, ocupando os lugares mais baixos, além de permitir inundações, pode causar em determinados locais, estagnação de massas de ar frio, com o surgimento de geadas (EMBRAPA/IAPAR, 1984).

No que tange aos usos potenciais das terras, pode-se afirmar que o Latossolo Vermelho Escuro possui condições favoráveis de fertilidade natural e o relevo ameno, contribui significativamente para o uso dos mesmos. No entanto, a susceptibilidade à erosão e a dificuldade de armazenamento de água, que pode ocorrer em anos mais secos, constituem problemas que podem ser contornados, se manejados tecnicamente. Os Latossolos, especificamente na bacia do Rio dos Índios, possuem dois tipos distintos de aptidão agrícola, a saber: pela margem esquerda, aptidão regular para lavoura no nível de manejo C (necessitam de um alto nível tecnológico) e pela margem direita, aptidão boa para lavoura nos níveis de manejo A, B e C.

Os Nitossolos possuem aptidão boa para lavoura nos níveis de manejo A, B e C. Quanto aos usos potenciais, são solos de alto potencial agrícola, com restrições apenas moderadas no que se refere à susceptibilidade à erosão e ligeira, ou nula, em relação aos outros aspectos considerados. São solos que sustentam altas produções por mais de 20 anos, sendo indicados para o uso com lavouras.

Os Gley Háplicos possuem aptidão boa para pastagem plantada. Entretanto, por ocorrerem em relevo plano, nas partes baixas e abaciadas da paisagem, e em locais de saturação hídrica, são pouco utilizados para agricultura. Em alguns locais, mais bem drenados, são utilizados com cultivos anuais, horticultura, ou pastagem, sendo que a maior parte destes solos permanece com vegetação nativa.

Ressalta-se, ainda, que no baixo vale do Rio dos Índios, pela margem direita, principalmente, ocorre em parte dos Gley Háplicos e Nitossolos, uma mancha com aptidão boa para lavoura nos níveis de manejo B e C, ou seja, nos níveis de manejo que requerem técnicas medianas a um alto nível tecnológico.

8.1.5. Uso e Ocupação do Solo

As formas atuais de uso e ocupação do solo, nos municípios da Área de Influência, estão intimamente ligadas ao processo de colonização do noroeste do Paraná que, fez parte do processo de expansão da fronteira agrícola no País, conforme apontado anteriormente neste relatório.

Desta maneira, em um primeiro momento, a cobertura vegetal foi, quase totalmente, suprimida para ceder lugar às plantações de café. Com os rigores climáticos, esta cultura foi substituída por cana e, mais atualmente, pelas extensas plantações de soja. Como resultado desta forma de ocupação, o que se percebe é um mosaico de áreas utilizadas com agricultura, áreas de pastagem (em menor proporção) e poucos remanescentes de vegetação nativa.

8.1.6. Hidrografia

A área de interesse dos estudos corresponde a microbacia do Rio dos Índios, ANEXO MAPAS – PBA-RDI-003, afluente pela margem esquerda do Rio Ivaí, que por sua vez é um tributário, pela margem esquerda, da macrobacia do Rio Paraná.

O Rio dos Índios tem suas nascentes no espigão definido, aproximadamente pela rodovia que liga o município de Tuneiras do Oeste a Campo Mourão, no interflúvio que faz a divisa entre Tuneiras do Oeste e Cianorte. O topo do interflúvio fica em torno de 579m de altitude e a nascente mais elevada do rio dos Índios está na cota de 520m. Seu curso desenvolve-se basicamente no sentido norte sul até a confluência, pela margem esquerda, do ribeirão São Cristóvão. Após esta contribuição, o Rio dos Índios sofre pequena inflexão no sentido nordeste até desaguar no Rio Ivaí.

A microbacia do Rio dos Índios drena, de montante para jusante, os municípios de: Tapejara, Cianorte, São Tomé, Indianópolis e Japurá.

Os principais afluentes são, pela margem esquerda, o Rio São Vicente e o ribeirão São Cristóvão e pela margem direita, o ribeirão Bolívar e o córrego Tancredo.

No que tange ao padrão e à densidade da drenagem, pode-se afirmar que as mesmas variam sensivelmente em função do substrato litológico. Na área dos arenitos (Formação Caiuá), que se encontra nas porções mais elevadas do terreno, o padrão é subdendrítico a paralelo e a densidade é muito baixa. Já nas porções mais baixas dos terrenos, de embasamento basáltico, tem-se o padrão subdendrítico a sub-retangular e a densidade de drenagem é mais alta que nas áreas de arenito.

Quanto às vazões típicas do rio dos Índios, estas apresentam uma descarga média de 18,05m^3/s. Apesar dos dados de vazão não apresentarem alterações significativas nos valores da média anual, as vazões nos picos de precipitação possivelmente aumentaram muito em função das alterações antrópicas impostas ao referido curso d'água, principalmente no que concerne à drástica modificação do uso do solo na bacia (substituição da cobertura vegetal nativa por cultivos, primeiramente, de café e atualmente, soja e cana) o que promoveu uma forte erosão laminar e

voçorocamentos de tal intensidade que, muitas drenagens (de pequeno porte, principalmente) foram bastante prejudicadas pelo assoreamento.

8.2. Meio Biótico

8.2.1. Fauna

Quanto à Fauna, a qual está associada aos ambientes florestais, encontra-se igualmente pressionada, pois a maior parte dos ecossistemas terrestres e hídricos foi convertida em áreas de produção agro-pastoril e apenas algumas poucas regiões foram preservadas na forma de parques e reservas oficiais ou particulares. Além disso, sua malha hídrica abastece de água potável as populações rurais e urbanas e gera hidroenergia para consumo próprio e de outros estados brasileiros.

Segundo os estudos desenvolvidos sob a coordenação do Programa de Impactos Ambientais de Barragens (PIAB), através da GTZ / IAP foi elaborada a Lista Vermelha de Fauna Ameaçada de Extinção, segundo a qual se destacam aqui, somente as espécies associadas ao ambiente de Floresta Estacional Semidecidual (FES), conforme está sendo apresentado no Quadro 8.1.

QUADRO 8.1. Fauna Ameaçada de Extinção Associada à Floresta Estacional Semidecidual. Fonte: SEMA/ GTZ, 1995.

NOME CIENTÍFICO	NOME VULGAR	CATEGORIA
MAMÍFEROS		
Chironectes minimus (Zimmerman, 1870)	cuíca-d'água	Indeterminado
Alouatta fusca (E. Geoffroy, 1812)	bugio/guariba	Vulnerável
Agouti paca (Linnaeus, 1766)	paca	Vulnerável
Speothos venaticus (Lund, 1842)	cachorro-vinagre	Em perigo
Lutra longicaudis (Olfers, 1818)	lontra	Vulnerável
Pteronura brasiliensis (Gmelin, 1788)	ariranha	Extinta
Felis concolor Linnaeus, 1771	suçuarana, onça-parda	Vulnerável
Felis geoffroyi d'Orbiny & Gervais 1844	gato-do-mato	Vulnerável
Felis pardalis Linnaeus, 1758	jaguatirica	Vulnerável
Felis tigrina Schreber, 1775	gato-do-mato	Vulnerável
Felis wiedii Schinz, 1821	gato-maracujá	Vulnerável
Panthera onça (Linnaeus, 1758)	onça-pintada	Em perigo
Tapirus terrestris (Linnaeus, 1758)	anta/tapir	Em perigo
Tayassu pecari (Link, 1795)	queixada	Vulnerável
Blastocerus dichotomus (Illiger, 1815)	cervo-do-pantanal	Em perigo
Sylvilagus brasiliensis (Linnaeus, 1758)	tapiti	Vulnerável
AVES		
Crypturellus undulatus (Temminck, 1815)	jaó	Provavelmente extinto
Tigrisoma fasciatum (Such, 1825)	socó-jararaca	Raro
Mergus octosetaceus Vieillot, 1817	pato-mergulhador	Provavelmente extinto
Chondrohierax uncinatus (Temminck, 1822)	gavião-caracoleiro	Raro
Harpia harpyja (Linnaeus, 1758)	gavião	Raro
Morphnus guianensis (Daudin, 1800)	uiraçu	Raro
Spizastur melanoleucus (Vieillot, 1816)	gavião-pato	Raro
Spizaetus ornatus (Daudin, 1801)	gavião-de-penacho	Raro
Daptrius americanus (Boddaert, 1783)	caracará-preto	Provavelmente extinto
Crax fasciolata (Spix, 1825)	mutum	Provavelmente extinto
Pipile jacutinga (Spix, 1825)	jacutinga	Ameaçado
Columba speciosa Gmelin, 1789	pomba-carijó	Provavelmente extinto
Columbina minuta (Linnaeus, 1766)	rolinha	Indeterminado
Geotrygon violacea (Temminck, 1810)	juriti-roxa	Indeterminado

NOME CIENTÍFICO	NOME VULGAR	CATEGORIA
Ara ararauna (Linnaeus, 1758)	arara-canindé	Raro
Ara chloroptera Gray, 1859	arara-vermelha	Provavelmente extinto
Ara maracana (Vieilliot, 1816)	maracanão	Ameaçado

A fauna à época da expansão da fronteira agrícola foi bastante diversificada. Entretanto, com o advento da colonização, os animais serviram primeiro para a alimentação de subsistência, enquanto duravam os trabalhos de desmatamento e preparo das roças e, mais tarde, eram caçados como uma prática de lazer.

Dentre os mamíferos que ainda são encontrados ao longo da bacia do rio dos Índios, de acordo com a bibliografia, destacam-se: a anta, a cotia, a capivara, o gambá, o gato do mato, a jaguatirica, o macaco prego, o ouriço, o quati, o tatupeba ou tatu galinha, o veado, a paca e a queixada, alguns ainda podem ser encontrados nas poucas reservas florestais de propriedade da empresa colonizadora, a Companhia Melhoramentos Norte do Paraná.

No que se refere à fauna aquática, cita-se, de acordo com relato de pescadores da região, como ainda existentes o Tambiú, o Piau, a Piaba, o Bagre Cinzento, o Bagre Amarelo, a Traíra, o Mandi e o Dourado.

Quanto à herpetofauna, de acordo com a bibliografia disponível, ainda existe em pontos isolados do rio dos Índios, espécies como o jacaré, a sucuri, a cascavel, a caninana, a falsacoral e o cágado.

No intuito de traçar algumas considerações acerca da fauna e flora, uma vez que é impossível dissociar um elemento do outro, pode-se afirmar que os remanescentes de vegetação, floresta e mata ciliar, ocorrentes na área de inserção da PCH Rio dos Índios é de grande importância para a fauna, também, remanescente, principalmente para os mamíferos e aves, servido de abrigo para os mesmos que utilizam os ambientes próximos em busca de alimento e água no período mais seco do ano. Além disso, tais remanescentes de cobertura arbórea, em especial a mata ciliar que é de suma importância para o ecossistema aquático, em função da

formação de ambiente adequado ao desenvolvimento de peixes, e pelo estabelecimento e equilíbrio da cadeia alimentar.

Ademais, estas matas funcionam tanto como obstáculos ao carreamento de sólidos por escoamento superficial, quanto pela ação do embate de ondas provocadas pelo vento, evitando a criação de focos erosivos e retendo sedimentos, o que contribui para a boa qualidade da água, fornecimento de alimentos para a fauna de peixes e para a boa conformação do leito e margens do curso d'água.

8.2.2. Flora

De acordo com trabalhos elaborados sobre a vegetação do noroeste do Paraná, pode-se afirmar que esta, segundo MAACK (1968), é do tipo florestal denominada Mata Pluvial Subcaducifólia, que corresponde, de acordo com o Projeto RADAM BRASIL (1992), à Floresta Estacional Semidecidual, igualmente denominada, também, segundo caracterização da SEMA/ GTZ (1995), como Floresta Subtropical, de acordo com o Mapa de Vegetação do Paraná.

Também conhecida como Mata Pluvial da Bacia do Rio Paraná, a Floresta Estacional Semidecidual, caracterizava-se como "uma frondosa mata que ocorria no oeste paranaense, estendendo-se do Rio Iguaçu ao Paranapanema, com transições relacionadas à altitude, solo, etc.". Fornecedora de importantes espécies arbóreas para uso na indústria madeireira, com seus ricos vales fluviais e de solo roxo, tão adequado para a agricultura, foi alvo de grande devastação.

Entre as espécies arbóreas de grande valor comercial pode-se citar a peroba (Aspidosperma polyneuron); o cedro (Cedrela fissilis); e o pau-marfim (Balfourodendron riedelianum). De menor porte, porém muito utilizado como planta ornamental, o alecrim (Holocalyx balansae) entre outras. A palmeira Euterpe edulis, como na mata pluvial da vertente atlântica, foi ali muito abundante e ainda mais sacrificada do que no litoral paranaense.

Dentre as espécies epífitas, a floresta abrigava algumas orquidáceas bem típicas como Miltônia Flavescens, da qual o autor teve a oportunidade de observar e uma espécie de menor porte, hoje vulnerável, a Sophronites Cernua.

Junto aos saltos e corredeiras, esta região abrigava espécies adaptadas, como a Mourera áspera uma Podostemonácea de folhas grandes, que ficou reduzida a poucos locais de ocorrência. Nas rochas mais secas das proximidades dos saltos, encontrava-se a Dychia microcalyx. Um arbusto típico de locais de corredeiras, Puteria salicifolia, tornou-se outra raridade. Muitas epífitas ocorriam junto aos saltos devido aos borrifos de água, como a bromeliácea Tillandsia polystachia assim como muitas briófitas.

Salienta-se que a cobertura vegetal primitiva, ao longo do processo de ocupação do noroeste (avanço da fronteira agrícola) vem sendo alterada, quer em sua composição florística quer em seus limites. De acordo com dados levantados pela SEMA / GTZ (1995), as causas da extinção de espécies da flora paranaense se devem, principalmente, aos seguintes fatores: agricultura, pastagens, inundações por barragens, extração de madeira, extração de plantas medicinais, extração para fins alimentícios, extração de plantas ornamentais, expansão urbana e reflorestamento de áreas com espécies exóticas.

Segundo relato dos pioneiros, as espécies que mais se destacavam como madeiras de lei eram: a peroba, a peroba-rosa; o cedro-vermelho, o cedro-rosa, o cedro-branco, o marfim, a canafístula, o óleo pardo, o amendoim e as “madeiras brancas” como a figueira e o pau d’alho. As madeiras de lei foram alvos do desmatamento devido ao grande valor econômico na construção civil e na indústria de mobiliário.

A figueira e o pau d’alho são citados como símbolos de reconhecimento da fertilidade do solo, uma vez que estas funcionam como indicativo de solos férteis. No início da ocupação produtiva do solo, inexistiam os laboratórios para analise da fertilidade dos mesmos, entretanto, a simples existência dessas árvores numa determinada área de solo fértil, justificava a elevação do preço das terras.

Outras espécies são lembradas, seja suas por propriedades medicinais como a guassatonga, o guanambi, a cabreúva, seja também por seus frutos como a jaboticabeira, a pitangueira e a guabirobeira.

Entre as espécies arbóreas é preciso lembrar a presença maciça das palmeiras, tais como: os palmitos e os coqueiros. Estas foram, certamente, as primeiras espécies a sofrer a

investida da colonização, pois além de enriquecer a alimentação dessa população, era fonte fornecedora de madeira para os ranchos de pau-a-pique e palha para a cobertura dessas moradias improvisadas, características das áreas de desbravamento.

9. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (AID)

9.1. Meio Físico

9.1.1. Clima

Introdução

A Bacia do Rio dos Índios, localizada na região noroeste do Estado do Paraná, de acordo com a classificação climática proposta por W. Köppen se enquadra no subgrupo climático Cfa (úmido em todas as estações com verão quente).

Levantamento dos Dados

Os estudos referentes às características climatológicas do local do aproveitamento PCH Rio dos Índios basearam-se nos levantamentos climatológicos realizados pelo IAPAR no período de 1972 a 2001 na estação meteorológica de Cianorte, maior centro urbano da região.

Caracterização Climática

A tabela a seguir apresenta os dados climatológicos da cidade de Cianorte, onde é possível constatar que as temperaturas médias oscilam entre 17,2ºC e 27,4 ºC (Figura 9.2) caracterizando o local como sendo de elevadas médias térmicas com influência direta sobre as taxas de evaporação que podem chegar a médias de 1.200 mm ao ano e, relacionadas às médias pluviométricas de 1.678 mm ao ano, fornecem um balanço hídrico positivo de aproximadamente 500 mm por ano e taxas de umidade relativa do ar de, em média, 70%. O que diz respeito à direção dos ventos, estes são durante todo o ano, predominantemente de Leste (L) para Oeste (W) e apresentam velocidades médias de 2,24 m/s conforme gráfico (Figura 9.1).

TABELA 9.1. Médias Climáticas Históricas da cidade de Cianorte de 1972 a 2001. Fonte: IAPAR, 2009.

MÊS	TEMPERATURA DO AR (ºC)							UMIDADE RELATIVA	VENTO		PRECIPITAÇÃO (mm)				EVAPORAÇÃO	INSOLAÇÃO
	média	Média máxima	Média mínima	Máxima absol.	ano	Mínima absol.	ano	Média (%)	Direção pred.	veloc. (m/s)	total	Máxima 24h	ano	Dias de chuva	Total (mm)	Total (horas)
JAN	24,7	30,3	20,6	35,9	1978	11,3	1980	75	E	2,2	211,1	120,4	1990	14	92,2	219,9
FEV	24,5	30,1	20,5	36,4	1978	13	1987	76	E	2,1	170,5	115,8	1998	14	76,8	191,1
MAR	24,1	29,9	19,9	35,4	1977	8,8	1987	72	E	2	133,6	153,2	1990	11	95,5	228,5
ABR	22	27,9	17,7	33,6	96/99	4,3	1999	71	E	2,1	123,2	156	1981	8	91,1	224,1
MAI	19	24,6	15	32,2	1997	2,2	1979	73	E	2	132	125,6	1999	8	79	207,6
JUN	17,3	23	13,3	30,4	1991	0	1994	74	E	2,1	113,6	142,2	1982	8	71,2	197,9
JUL	17,5	23,7	13,1	31,4	1995	-2,4	1975	67	E	2,4	68,4	90	1972	5	98,2	226,3
AGO	19,3	25,6	14,6	35,5	1995	1	1978	62	E	2,4	77,1	80	1976	7	122,3	219,5
SET	20,3	26,2	15,7	37,4	1988	3,2	1972	65	E	2,6	135,8	95	1984	10	115,3	188,5
OUT	22,5	28,4	17,6	35,6	1999	7,9	1982	66	E	2,5	170,5	98,4	1974	11	124,5	222,1
NOV	23,7	29,5	18,8	39	1985	9,4	1976	65	E	2,3	138,4	112,3	1987	10	126,2	232,9
DEZ	24,3	29,9	20	38	1985	11,9	1979	71	E	2,2	203,5	128,5	2001	14	107,7	222,4
ANO	**21,6**	**27,4**	**17,2**					**69,7**			**1678**			**120**	**1200**	**2581**

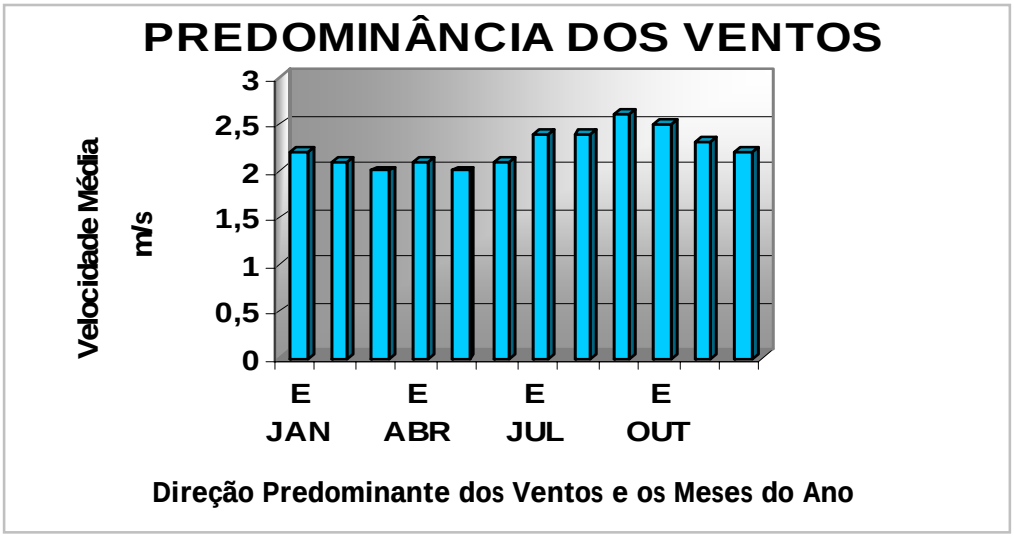


FIGURA 9.1. Predominância dos Ventos em Cianorte. Fonte de dados: IAPAR 2009.

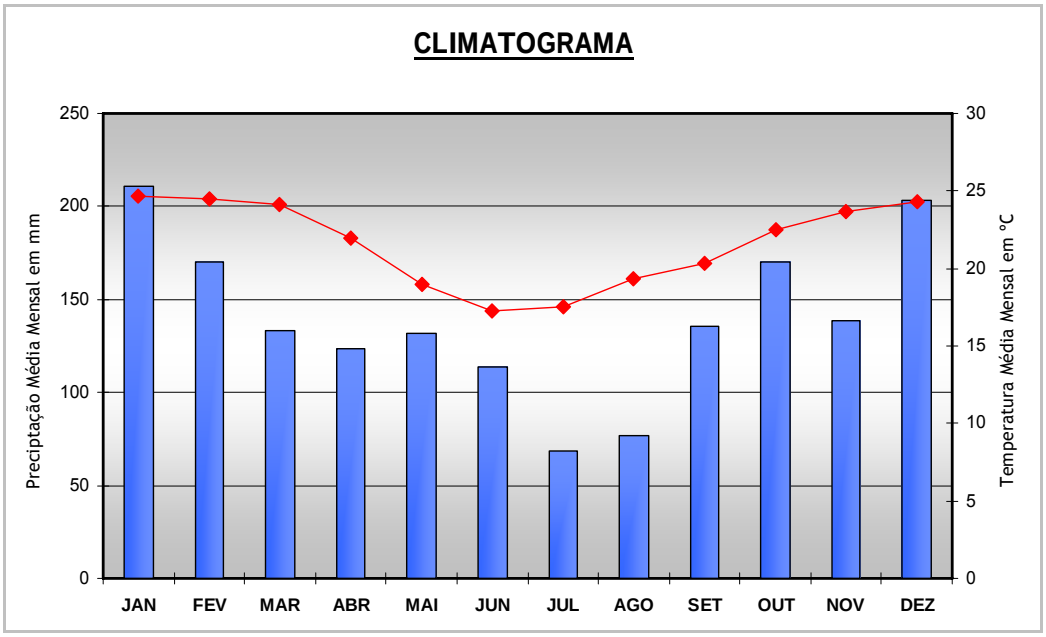


FIGURA 9.2. Climatograma. Fonte de dados: IAPAR 2009.

Os conhecimentos climatológicos são de suma importância para a concepção de uma usina hidrelétrica. Através destes conhecimentos, torna-se possível calcular o tempo de enchimento do reservatório, a manutenção do nível d'água, o tempo de assoreamento (vida útil) do lago, o estudo da formação de ondas no espelho d'água e as formas de conte-las, dentre outras possíveis mudanças locacionais.

Tais análises da influência do clima sobre o aproveitamento serão mais bem realizadas dentro dos estudos da concepção técnica do empreendimento.

9.1.2. Geologia

Litoestratigrafia e Estruturas

O maciço rochoso da região é observado principalmente nas exposições da cachoeira* e na região da casa de força, onde aflora pela margem direita do Rio dos Índios a

* Citações Locacionais como, por exemplo, a cachoeira, a ponte, a sondagem e o maciço rochoso, terão suas fotografias disponíveis no ANEXO

montante da ponte e a partir da amostragem possibilitada pelos testemunhos das sondagens mistas executadas.

A região da cachoeira constitui-se de um basalto denso, maciço, de coloração negro-acinzentada, e granulação afanítica. Localmente observam-se níveis amigdaloidais, o que pode sugerir a presença e individualização de derrames ou subderrames. As amígdalas possuem medidas de milimétricas a centimétricas, formas de esferoidais a ovaladas, tendo uma auréola externa branca representada por material cristalino e um núcleo argiloso de coloração verde oliva.

Na região da casa de força, o maciço rochoso aflorante foi observado na sondagem SM-03 constituindo-se por um basalto vesículo-amigdaloidal, de coloração marrom clara, com amígdalas milimétricas a centimétricas preenchidas por zeólitas, calcita, calcedônia e quartzo que, quando alteradas, exibem coloração cinza-esverdeada, possivelmente decorrente da alteração em cloritóide. Na matriz rochosa, é possível verificar grande ocorrência de cristais ripiformes, possivelmente de feldspatos, que se apresentam em variados graus de alteração, geralmente em produtos esbranquiçados argilosos (caulim). A aparência geral da rocha assemelha-se às rochas vulcânicas ácidas, características do topo da seqüência de derrames basálticos.

Na região do barramento foram observadas duas litologias distintas. Na margem direita (SM-01) foi interceptada pela sondagem uma rocha arenítica silicificada muito consistente e de difícil perfuração com um tom de coloração avermelhado a marrom-avermelhado e constituída de grãos mal selecionados de quartzo, calcedônia, feldspato, fragmentos de rochas basálticas alteradas e minerais opacos como acessórios. A granulometria varia de média a grossa e a matriz argilosa e, embora não se tenha realizado lâminas e observações microscópicas, notam-se a baixa maturidade textural e mineralógica deste arenito indicando pouco transporte. A rocha apresenta estruturação maciça, sem estratificações perceptíveis e seus contatos com as rochas adjacentes não foram interceptados pelas sondagens ou observados nos trabalhos de campo.

Já na margem esquerda da região do barramento (SM-02) observou-se uma rocha basáltica densa, de coloração cinza claro a escuro, de estruturação maciça e textura afanítica, com alguns níveis amigdaloidais dispersos. Estas diferentes litologias, observadas uma em cada margem do rio na região do barramento, indicam a necessidade de novos estudos nas etapas futuras do aproveitamento para se caracterizar a geometria de contato entre estas unidades, sua continuidade lateral e a presença, ou não, de estruturas tectônicas na região do leito do rio, na

região do barramento, conforme interpretado na seção da estrutura em questão. Também a caracterização quanto aos aspectos de resistência, percolação e estabilidade destes contatos e possíveis descontinuidades, deverá ser posteriormente investigada, pois representam uma importante condicionante geológica para o aproveitamento.

Estruturalmente, os basaltos apresentam-se maciços e densos, mas nota-se certo diaclasamento colunar em sua estrutura, caracterizado pela geração de formas poliédricas vistas em planta e por colunas quando visto em perfil. Apesar de se tratar de uma descontinuidade, caracteriza-se por ter superfícies fechadas ou parcialmente abertas, estas últimas principalmente nos níveis superiores do maciço rochoso.

A conjugação do diaclasamento com o intemperismo sofrido pelas rochas basálticas acaba por gerar uma feição típica em rochas de estrutura maciça e isotrópica, a esfoliação esferoidal, que origina formas arredondadas e concêntricas que se assemelham as cascas de cebola. Este processo é responsável também pela geração dos blocos de rocha sã a parcialmente alterada de formas arredondadas no meio do solo de alteração, onde o ataque intempérico se dá nas quinas e cantos das descontinuidades e ainda, de forma geral, pela forma arredondada dos afloramentos no meio das encostas. Quase toda a região de implantação do canal de adução, principalmente na região da mata, é marcada pela ocorrência de blocos arredondados, formando, localmente, pequenos campos de matacões.

No terço final da região de implantação do canal de adução, ocorrem blocos de rocha arenítica fina a média, de coloração avermelhada a rosada, constituídos aparentemente, por quartzo e fragmentos milimétricos angulosos de rochas basálticas e por minerais opacos. Sua densidade é relativamente menor se comparada com as rochas basálticas e areníticas silicificadas, porém seu aspecto poroso lembra rochas afiliadas à suíte vulcânica. Esta seqüência é aqui identificada como uma brecha sedimentar, posicionada, possivelmente entre dois derrames basálticos. Outra interpretação possível é que estes materiais associem-se à Formação Caiuá, presente principalmente nos topos dos interflúvios da região.

Os desenhos, conforme citado anteriormente, ANEXO MAPAS - PBA-RDI-012 e PBA-RDI 013 apresentam o mapeamento superficial e as seções geológicas interpretadas com base nas informações de superfície e na interpretação das investigações realizadas.

9.1.3. Geomorfologia

O rio dos Índios apresenta curso sinuoso com vale aberto e encostas suaves. Seu vale é marcado pelo sucessivo entalhamento do sistema fluvial, onde podem ser observadas, basicamente, três morfologias distintas à medida que se caminha do leito do rio em direção às porções da alta encosta.

Nas proximidades da calha do rio, as declividades mostram-se suaves, com paredões e escarpas rochosas localizadas, ao passo que na região da média a alta encosta, as declividades mostram-se relativamente homogêneas, com ligeiras quebras de relevo que denunciam a sucessão de derrames basálticos e o contato com a formação arenítica sotoposta (Formação Caiuá). Para o alto das encostas, observam-se superfícies tabulares que formam a unidade de topos planos nos interflúvios mais expressivos da região.

O substrato rochoso é composto basicamente por rochas basálticas maciças e amigdalóides, estruturadas em derrames tabulares horizontais. A erosão regressiva promove o entalhamento do rio de acordo com a facilidade ou dificuldade com que escava os sucessivos derrames, formando cachoeiras e corredeiras à medida que encontra dificuldade na escavação do derrame superior em contrapartida ao inferior. Esta dinâmica erosiva constitui o principal mecanismo morfológico da região.

O controle estrutural ao qual a rede de drenagem está submetida é evidenciado pela retilinização de segmentos dos rios, pelas inflexões bruscas e pela ocorrência generalizada de lajedos, corredeiras, saltos, quedas e ilhas. Também a justaposição de litologias de diferentes gêneses (sedimentar e vulcânica) no mesmo nível altimétrico aponta para a importância da estrutura na elaboração do relevo local.

9.1.4. Hidrografia

O monitoramento das Análises Químicas da Água do leito do rio dos Índios foi realizado sob responsabilidade do Engenheiro Químico Pedro Rebola – Carteira nº PR-8979/D e as análises bacteriológicas e físico-químicas encontram-se apresentadas no ANEXO – Análises de Água.

O resultado das análises bacteriológicas coletadas em 20/04/05 para os pontos localizados no Rio dos Índios e denominados: Ponte Bigão, Barragem e Casa das Máquinas encontram-se apresentados na Tabela 9.2.

TABELA 9.2. Resultados das análises bacteriológicas para os pontos de amostragens localizados no rio dos Índios.

Pontos de Coleta	Coliformes Totais (NMP/100mL)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)
Ponte Bigão	3.000	700
Barragem	1.600	300
Casa das Máquinas	5.000	1.600

As Análises Bacteriológicas foram realizadas pelo Centro de Ciências de Saúde/Departamento de Análises Clínicas/Laboratório de Microbiologia da Universidade Estadual de Maringá sob n^{os}. 19.990 a 19.992 emitidos em 25/04/09.

Para o monitoramento foi ainda coletada amostra de água do rio dos Índios em 08/04/05, no ponto denominado Ponte Bigão para análise dos parâmetros físico-químicos: pH, Cor, Turbidez,Sólidos Totais Sedimentáveis, Sólidos Totais, Demanda Química de Oxigênio (DQO). Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5) e Óleos e Graxas., conforme Tabela 9.3.

TABELA 9.3. Resultados das análises físico-químicas para o ponto de amostragem Ponte Bigão localizado no rio dos Índios.

Parâmetros	Resultados	Unidade
pH	6,63	
Cor	40	uH
Turbidez	8,0	uT
Sólidos sedimentáveis em cone de Imhoff	0,20	mL/L.h
Sólidos Totais	32	mg/L
Demanda Químico de Oxigênio (DQO)	12	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5)	5,0	mg/L
Óleos e graxas	3,2	mg/L

As Análises Físico-Químicas foram realizadas pelo Centro Tecnologia/Departamento de Engenharia Civil/Laboratório de Saneamento Básico da Universidade Estadual de Maringá sob nº 0230/2005 emitido em 26/04/09.

Não se verificou nenhuma utilização atual mais importante da água do rio dos Índios por ocasião da conclusão deste documento, a não ser para a dessedentação de animais.

Uma vez implantando o aproveitamento da PCH Rio dos Índios, apresentando uma área de reservatório com pequenas dimensões (superfície total igual a 2,1 Km^2 no NA máximo normal de 335,00 m), este poderá ter, além da geração hidrelétrica, outros usos potenciais tais como: regularização do rio, contenção de enchentes e eco-turismo.

9.2. Meio Biótico

9.2.1. Fauna

Introdução

Dentro do contexto das tentativas de se conciliar o desenvolvimento econômico e a manutenção dos ambientes naturais remanescentes, este relatório tem como meta a investigação da composição faunística das áreas relacionadas à obra de construção da PCH do Rio dos Índios.

Objetivos

Elaboração de uma lista de espécies de vertebrados, que ocorrem nas áreas que serão impactadas pela construção da PCH Rio dos Índios.

Métodos

As atividades de campo para a realização dos levantamentos faunísticos foram desenvolvidas entre os dias 08 e 16 de outubro de 2005. Foram, portanto, efetuados 09 dias de análises de campo, com uma média de 09 horas diárias de esforço amostral, totalizando cerca de

80 horas de coleta de dados. Somam-se ainda, as horas de funcionamento noturno das armadilhas para pequenos mamíferos (96h/armadilha/noite durante 08 noites). As Categorias de espécies ameaçadas, encontradas no local, foram definidas segundo o "Livro Vermelho da fauna Ameaçada de Extinção no Estado do Paraná", que segue os critérios da IUCN (2001) e Gärdenfors *et al.* (2001). As legendas utilizadas foram: **RE** - Regionalmente Extinta (*Regionally Extinct*); **EW** - Extinta na Natureza (*Extinct in the Wild*); **CR** - Criticamente em Perigo (*Critically Endangered*); **EN** - Em Perigo (*Endangered*); **VU** - Vulnerável (*Vulnerable*); **NT** - Quase Ameaçada (*Near Threatened*); e **DD** - Dados Insuficientes (*Data Deficient)*.

Levantamento de Peixes

Os levantamentos foram realizados por meio de capturas com redes, tarrafas e peneiras. Foram realizadas coletas em 04 (quatro) pontos distintos do rio, no trecho que será impactado pela obra proposta. Em cada ponto de coleta foram amostrados leito e margens. Também foram levados em consideração os registros informais através de relato de ocorrências por moradores do entorno, como, por exemplo, a ocorrência de animais conhecidos vulgarmente como mandis ou mandiuvas onde, no entanto, nenhuma captura foi efetuada. Tais morfotipos são encontrados em duas grandes famílias (Heptapteridae e Pimelodidae) com pelo menos 17 espécies freqüentes nos rios do estado do Paraná. Estes registros estão identificados na tabela a seguir sob a sigla R.I (Tabela 9.4).

TABELA 9.4. Identificação e Nomes Vulgares dos Peixes Registrados Para a Área de Estudo. Na Coluna ID São Citados os Métodos Utilizados Para o Registro de Cada Espécie ou Gênero (Cp. - Captura ou R.I. - Registro Informal).

TAXA	NOME POPULAR	ID
Família Erythrinidae		
Hoplias sp.	Traíra	R.I.
Família Characidae		
Astyanax sp.	Lambari	Cp.
Piabina sp.	Lambari	Cp.
Salminus maxillosus (Valenciennes, 1840)	Dourado	R.I.
Família Crenuchidae		
Caracidium sp.	Canivete	Cp.
Família Anostomidae		
Leporinus amblyrhynchus (Garavello & Britski, 1987)	Piava	R.I.
Leporinus friderici (Bloch, 1794)	Piau	R.I.
Familia Parodontidae		
Apareidon sp.	Canivete	Cp.

TAXA	NOME POPULAR	ID
Família Loricariidae		
Hipostomus sp.	Cascudo	Cp.
Família Gymnotidae		
Gymnotus carapo (Linnaeus, 1758)	Tuvira	Cp.
Família Cichlidae		
Chichlasoma paranaense (Kullander, 1983)	Acará	Cp.
Geophagus brasiliensis (Quoy &Gaimard, 1824)	Acará	Cp.

Levantamento de Anfíbios

Os levantamentos foram realizados por meio de captura manual de exemplares e do registro das vocalizações. Os cantos não identificados *in situ* foram gravados para posterior identificação. Seis pontos de captura e registros de cantos foram utilizados sendo 02 nas margens do rio, 02 em ambiente de Mata e 02 nos arredores em acúmulos de água como poças em margens de estrada e pastos. As capturas permitiram fotografar animais para posterior identificação. Ressalta-se que nenhum animal capturado foi sacrificado (Tabela 9.5).

TABELA 9.5. Identificação e Nomes Vulgares dos Anfíbios Registrados Para a Área de Estudo. Na coluna ID São Citados os Métodos Utilizados Para o Registro de Cada Espécie ou Gênero (O.D. = Observação Direta, Vc. = Vocalização e Cp. = Captura).

Taxa	Nome popular	ID
Família Bufonidae		
Bufo crucifer (Wied-Neuwied, 1821)	Sapo	O.D. / Cp.
Família Hylidae		
Hyla prasina (Burmeister, 1856)	Perereca	Cp.
Hyla faber (Wied-Neuwied, 1821)	Perereca	Vc.
Hyla minuta (Peters, 1872)	Perereca	Vc.
Scinax fuscovarius (A. Lutz, 1925)	Perereca	Vc.
Família Leptodactylidae		
Physalaemus cuvieri (Fitzinger, 1826)	Rã	Cp. / Vc.
Leptodactylus fuscus (Schneider, 1799)	Rã	Vc.

Levantamento de Répteis

Os levantamentos foram realizados através de busca ativa no interior da Mata e em ambientes de borda. Também foram levados em consideração os registros informais através de relato de ocorrências por moradores do entorno. Estes registros estão identificados nas tabelas sob a sigla R.I (Tabela 9.6).

TABELA 9.6. Identificação e Nomes Vulgares dos Répteis Registrados Para a Área de Estudo. Na Coluna ID São Citados os Métodos Utilizados Para o Registro de Cada Espécie ou Gênero (O.D. = Observação Direta, Cp. = Captura e R.I. = Registro Informal, Relato Pelos Moradores da Região).

Taxa	Nome popular	ID
Família Tropiduridae		
Tropidurus torquatus (Wied, 1820)	Calango	O.D.
Família Teiidae		
Tupinambis merianae (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)	Teiú	O.D. / Cp.*
Família Viperidae		
Bothrops jararaca (Wied, 1820)	Jararaca	R.I.

* o animal para o qual utilizamos a identificação Cp (captura) foi encontrado agonizando após ter sido atropelado. Nenhuma técnica de captura de répteis foi utilizada.

Levantamento de Aves

Os levantamentos foram realizados através da observação direta ou com uso de binóculos e do registro das vocalizações. Os cantos não identificados *in situ* foram gravados para posterior identificação. Foram realizadas incursões em toda a área de Mata – onde se localizou um gavião havia sido abatido ANEXO – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO, ambientes de borda e ambientes adjacentes.

As coletas de dados foram realizadas utilizando-se dois métodos distintos e complementares: (1) censo por observação direta. (com e sem auxílio de 'play-back') e (2) com auxílio de 'play-back'. O censo por observação direta consiste em caminhar ao longo dos habitats específicos a partir do nascer do sol e anotar todas as espécies observadas ou ouvidas. Ao longo destas caminhadas foram feitas gravações das vocalizações não conhecidas (Tabela 9.7).

TABELA 9.7. Habitat e Guilda das Espécies de Aves Registradas na Área de Floresta e no seu Entorno Próximo Durante o Diagnostico. Taxonomia e Nomenclatura Seguem Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO) Consultado em Outubro de 2005. Legendas (CAD: Carnívoro Aéreo Diurno, CAN: Carnívoro Aéreo Noturno, DET: Detritívoro, FGV: Frugívoro, GRA: Granívoro, IAD: Insetívoro Aéreo Diurno, IAN: Insetívoro Aéreo Noturno, IAQ: Insetívoro de Ambiente Aquático, IBO: Insetívoro de Borda, ICO: Insetívoro de Copa, IES: Insetívoro Escalador, ISC: Insetívoro de Subcopa, NEC: Nectarívoro, OBO: Onívoro de Borda, OCO: Onívoro de Copa, OSC: Onívoro de Subcopa, OSO: Onívoro de Solo e PIC: Piscívoro).

FAMILIA e ESPÉCIE	Nome popular	Habitat	Guilda
Tinamidae			
Crypturellus parvirostris (Wagler, 1827)	Inhambu-chororó	FO, CP	OSO
Crypturellus tataupa (Temminck, 1815)	Inhambu-chitã	FO	OSO
Rhynchotus rufescens (Temminck, 1815)	Perdiz	CA	OSO
Nothura maculosa (Temminck, 1815)	Codorna-amarela	CA	OSO
Cracidae			
Penelope superciliaris Temminck, 1815	Jacupemba	FO	OSO
Ardeidae			
Bubulcus ibis (Linnaeus, 1758)	Garça-vaqueira	CA	ISO
Cathartidae			
Coragyps atratus (Bechstein, 1793)	Urubu-preto	FO, CA	DET
Accipitridae			
Elanus leucurus (Vieillot, 1818)	Gavião-peneira	CP, CA	CAD
Ictinia plumbea (Gmelin, 1788)*	Sovi	FO	IAD
Rupornis magnirostris (Gmelin, 1788)	Gavião-carijó	FO, CP, CA	CAD
Falconidae			
Caracara plancus (Miller, 1777)	Caracará	FO,CA	CAD
Milvago chimachima (Vieillot, 1816)	Carrapateiro	FO, CP, CA	CAD
Falco femoralis Temminck, 1822	Falcão-de-coleira	CP,CA	CAD
Rallidae			
Aramides cajanea (Statius Muller, 1776)	Saracura-três-potes	AQ	OSO
Aramides saracura (Spix, 1825)	Saracura-do-mato	FO, AQ	OSO
Charadriidae			
Vanellus chilensis (Molina, 1782)	Quero-quero	CA	OSO
Columbidae			
Columbina talpacoti (Temminck, 1811)	Rolinha-roxa	FO, CP, CA	OBO
Columbina picui (Temminck, 1813)	Rolinha-picui	CP, CA	GRA
Patagioenas picazuro (Temminck, 1813)	Asa-branca	FO, CP, CA	OCO
Zenaida auriculata (Des Murs, 1847)	Avoante	CP,CA	GRA
Leptotila verreauxi Bonaparte, 1855	Juriti-gemedeira	FO	OSO
Psittacidae			
Aratinga leucophthalma (Statius Muller, 1776)	Periquitão-maracanã	FO	FGV
Pionus maximiliani (Kuhl, 1820)	Maitaca-verde	FO	FGV
Cuculinae			
Coccyzus melacoryphus Vieillot, 1817*	Papa-lagarta-acanelado	FO	IBO
Piaya cayana (Linnaeus, 1766)	Alma-de-gato	FO	ISC
Crotophaginae			
Crotophaga ani Linnaeus, 1758	Anu-preto	FO, CP	IBO

FAMILIA e ESPÉCIE	Nome popular	Habitat	Guilda
Guira guira (Gmelin, 1788)	Anu-branco	FO, CP	IBO
Neomorphinae			
Tapera naevia (Linnaeus, 1766)	Saci	FO, CP	IBO
Dromococcyx pavoninus Pelzeln, 1870*	Peixe-frito-pavonino	FO	ISC
Strigidae			
Megascops choliba (Vieillot, 1817)	Corujinha-do-mato	FO	CAN
Athene cunicularia (Molina, 1782)	Coruja-buraqueira	CA	CAN
Caprimulgidae			
Lurocalis semitorquatus (Gmelin, 1789)	Tuju	FO, CP, CA	IAN
Nyctidromus albicollis (Gmelin, 1789)	Bacurau	FO, CP	IAN
Apodidae			
Cypseloides senex (Temminck, 1826)	Taperuçu-velho	FO, AQ	IAD
Trochilidae			
Trochilinae			
Chlorostilbon aureoventris (d'Orbigny & Lafresnaye, 1838)	Besourinho-de-bico-vemelho	FO, CP	NEC
Thalurania glaucopis (Gmelin, 1788)	Beija-flor-de-fronte-violeta	FO	NEC
Hylocharis chrysura (Shaw, 1812)	Beija-flor-dourado	FO, CP	NEC
Alcedinidae			
Ceryle torquatus (Linnaeus, 1766)	Martim-pescador-grande	AQ	PIC
Chloroceryle amazona (Latham, 1790)	Martim-pescador-verde	AQ	PIC
Ramphastidae			
Pteroglossus castanotis Gould, 1834	Araçari-castanho	FO	FGV
Picidae			
Picumnus albosquamatus d'Orbigny, 1840	Pica-pau-anão-escamado	FO	IES
Melanerpes candidus (Otto, 1796)	Birro	FO, CP	IES
Veniliornis spilogaster (Wagler, 1827)	Pica-pau-verde-carijó	FO	IES
Colaptes melanochloros (Gmelin, 1788)	Pica-pau-verde-barrado	FO	IES
Colaptes campestris (Vieillot, 1818)	Pica-pau-do-campo	CP, CA	IES
Dryocopus lineatus (Linnaeus, 1766)	Pica-pau-de-banda-branca	FO	IES
Thamnophilidae			
Thamnophilus doliatus (Linnaeus, 1764)	Choca-barrada	FO	IBO
Thamnophilus caerulescens Vieillot, 1816	Choca-da-mata	FO	ISC
Conopophagidae			
Conopophaga lineata (Wied, 1831)	Chupa-dente	FO	IBO
Furnariidae			
Furnarius rufus (Gmelin, 1788)	João-de-barro	CP, CA	ISO
Synallaxis frontalis Pelzeln, 1859	Petrim	FO, CP	IBO
Synallaxis spixi Sclater, 1856	João-teneném	CP	IBO
Heliobletus contaminatus Berlepsch, 1885	Trepadorzinho	FO	ISC
Tyrannidae			
Pipromorphinae			
Leptopogon amaurocephalus Tschudi, 1846	Cabeçudo	FO	ISC
Poecilotriccus plumbeiceps (Lafresnaye, 1846)	Tororó	FO	IBO
Todirostrum cinereum (Linnaeus, 1766)	Ferreirinho-relógio	FO, CP	IBO

FAMILIA e ESPÉCIE	Nome popular	Habitat	Guilda
Elaeniinae			
Myiopagis caniceps (Swainson, 1835)	Guaracava-cinzenta	FO	ICO
Myiopagis viridicata (Vieillot, 1817)	Guaracava-de-crista-alaranjada	FO	ICO
Elaenia flavogaster (Thunberg, 1822)	Guaracava-de-barriga-amarela	FO, CP	OBO
Elaenia spectabilis Pelzeln, 1868*	Guaracava-grande	FO, CP	OBO
Camptostoma obsoletum (Temminck, 1824)	Risadinha	FO, CP	OCO
Serpophaga subcristata (Vieillot, 1817)	Alegrinho	FO, CP	IBO
Capsiempis flaveola (Lichtenstein, 1823)	Marianinha-amarela	FO	IBO
Euscarthmus meloryphus Wied, 1831	Barulhento	FO, CP	IBO
Phylloscartes ventralis (Temminck, 1824)	Borboletinha-do-mato	FO	ISC
Myiornis auricularis (Vieillot, 1818)	Miudinho	FO	ISC
Tolmomyias sulphurescens (Spix, 1825)*	Bico-chato-de-orelha-preta	FO	ICO
Fluvicolinae			
Myiophobus fasciatus (Statius Muller, 1776)	Filipe	FO, CP	IBO
Lathrotriccus euleri (Cabanis, 1868)	Enferrujado	FO	ISC
Cnemotriccus fuscatus (Wied, 1831)	Guaracavuçu	FO	ISC
Colonia colonus (Vieillot, 1818)*	Viuvinha	FO, CP	ICO
Machetornis rixosa (Vieillot, 1819)	Suiriri-cavaleiro	CA	ISO
Tyranninae			
Myiozetetes similis (Spix, 1825)*	Bentevizinho-de-penacho-vermelho	FO	OBO
Pitangus sulphuratus (Linnaeus, 1766)	Bentevi	FO, CP	OBO
Myiodynastes maculatus (Statius Muller, 1776)*	Bem-te-vi-rajado	FO	OBO
Megarynchus pitangua (Linnaeus, 1766)*	Neinei	FO	OBO
Empidonomus varius (Vieillot, 1818)*	Peitica	FO, CP	OBO
Tyrannus melancholicus Vieillot, 1819*	Suiriri	FO, CP	OBO
Tyrannus savana Vieillot, 1808*	Tesoutinha	FO, CP	OBO
Sirystes sibilator (Vieillot, 1818)*	Gritador	FO	OBO
Myiarchus swainsoni Cabanis & Heine, 1859*	Irré	FO	OBO
Myiarchus ferox (Gmelin, 1789)*	Maria-cavaleira	FO, CP	OBO
Tityridae			
Tityra inquisitor (Lichtenstein, 1823)	Anambé-branco-de-bochecha-parda	FO	FGV
Pachyramphus polychopterus (Vieillot, 1818)*	Caneleiro-preto	FO	OBO
Pachyramphus validus (Lichtenstein, 1823)*	Caneleiro-de-chapéu-preto	FO, CP	OBO
Vireonidae			
Cyclarhis gujanensis (Gmelin, 1789)	Pitiguari	FO	ISC
Vireo olivaceus (Linnaeus, 1766)*	Juruviara	FO	ICO
Corvidae			
Cyanocorax chrysops (Vieillot, 1818)	Gralha-picaça	FO	OSC
Hirundinidae			
Progne tapera (Vieillot, 1817)*	Andorinha-do-campo	FO, CP, CA	IAD
Progne chalybea (Gmelin, 1789)*	Andorinha-doméstica-grande	FO, CP, CA	IAD
Pygochelidon cyanoleuca (Vieillot, 1817)*	Andorinha-pequena-de-casa	FO, CP, CA	IAD
Stelgidopteryx ruficollis (Vieillot, 1817)*	Andorinha-serradora	FO, CA, AQ	IAD
Troglodytidae			

FAMILIA e ESPÉCIE	Nome popular	Habitat	Guilda
Troglodytes musculus Naumann, 1823	Corruíra	FO, CP	IBO
Donacobius atricapilla (Linnaeus, 1766)	Japacanim	AQ	IAQ
Turdidae			
Turdus subalaris (Seebohm, 1887)*	Sabiá-ferreiro	FO	OSC
Turdus rufiventris Vieillot, 1818	Sabiá-laranjeira	FO	OSC
Turdus leucomelas Vieillot, 1818	Sabiá-barranco	FO, CP	OSC
Turdus amaurochalinus Cabanis, 1850*	Sabiá-poca	FO, CP	OSC
Mimidae			
Mimus saturninus (Lichtenstein, 1823)	Sabiá-do-campo	CP	OBO
Motacillidae			
Anthus lutescens Pucheran, 1855	Caminheiro-zumbidor	CA	ISO
Thraupidae			
Cissopis leverianus (Gmelin, 1788)	Tietinga	FO	FGV
Nemosia pileata (Boddaert, 1783)	Saíra-de-chapéu-preto	FO	OBO
Trichothraupis melanops (Vieillot, 1818)	Tiê-de-topete	FO	OSC
Tachyphonus coronatus (Vieillot, 1822)	Tiê-preto	FO	OBO
Thraupis sayaca (Linnaeus, 1766)	Sanhaçu-cinzento	FO, CP	OCO
Tersina viridis (Illiger, 1811)*	Saí-andorinha	FO	OCO
Dacnis cayana (Linnaeus, 1766)	Saí-azul	FO, CP	OBO
Hemithraupis guira (Linnaeus, 1766)	Saíra-de-papo-preto	FO	OBO
Conirostrum speciosum (Temminck, 1824)	Figuinha-de-rabo-castanho	FO	OBO
Emberizidae			
Zonotrichia capensis (Statius Muller, 1776)	Tico-tico	CP, CA	OBO
Ammodramus humeralis (Bosc, 1792)	Tico-tico-do-campo	CA	OSO
Sicalis luteola (Sparrman, 1789)	Tipio	CP, CA	OBO
Volatinia jacarina (Linnaeus, 1766)	Tiziu	CP	OBO
Sporophila caerulescens (Vieillot, 1823)	Coleirinho	CP	GRA
Coryphospingus cucullatus (Statius Muller, 1776)	Tico-tico-rei	FO, CP	OBO
Cardinalidae Ridgway, 1901			
Saltator similis d'Orbigny & Lafresnaye, 1837	Trinca-ferro-verdadeiro	FO	OBO
Parulidae			
Parula pitiayumi (Vieillot, 1817)	Mariquita	FO	ICO
Geothlypis aequinoctialis (Gmelin, 1789)	Pia-cobra	CP, AQ	IBO
Basileuterus culicivorus (Deppe, 1830)	Pula-pula	FO	ISC
Icteridae			
Cacicus haemorrhous (Linnaeus, 1766)	Guaxe	FO	OCO
Molothrus bonariensis (Gmelin, 1789)	Vira-bosta	FO, CP	OBO
Sturnella superciliaris (Bonaparte, 1850)	Polícia-inglesa-do-sul	CA	OBO
Fringillidae			
Euphonia chlorotica (Linnaeus, 1766)	Fim-fim	FO, CP	FGV
Passeridae			
Passer domesticus (Linnaeus, 1758)	Pardal	CP, CA	OBO

*: espécie migrante

Levantamento de Mamíferos

Os levantamentos foram realizados de formas distintas para animais de pequeno porte e de médio e grande porte. Para animais de pequeno porte foram realizadas capturas com 30 armadilhas do tipo gaiola (Live-trap) com dimensões 30x15x15cm e 50x25x25cm, dispostas em 6 (seis) locais de captura em ambientes de mata e borda de mata.

Para animais de médio e grande porte foram realizadas buscas e análises de rastros. Os rastros foram identificados utilizando-se os guias de campo elaborados por Becker & Dalponte (1999) e Villalba & Yanosky (2000). Para facilitar o encontro de pegadas foram realizadas cevas diárias em 06 (seis) locais onde foram instaladas armadilhas de pegadas, utilizando-se para isso areia peneirada no entorno das cevas. As cevas foram compostas por milho, mandioca, abóbora, cenoura, maçã e pasta de amendoim. As capturas permitiram fotografar os animais para posterior identificação. Nenhum animal capturado foi sacrificado.

Foi relatada pelos moradores da região a ocorrência de animais conhecidos vulgarmente como mandis ou mandiuvas, no entanto, nenhuma captura foi efetuada. Tais morfotipos são encontrados em duas grandes famílias (Heptapteridae e Pimelodidae) com pelo menos 17 espécies freqüentes nos rios do estado do Paraná (Tabela 9.8).

TABELA 9.8. Identificação e Nomes Vulgares dos Mamíferos Registrados Para a Área de Estudo. Na Coluna ID São Citados os Métodos Utilizados Para o Registro de Cada Espécie ou Gênero (A.R. = Análise de Rastros, O.D. = Observação Direta e Cp. = Captura).

FAMILIA e ESPÉCIE	Nome popular	ID
Didelphimórphia		
Família Didelphidae		
Didelphis albiventris (Lund, 1840)	Gambá-de-orelha-branca	P
Xenartra		
Família Dasypopidae		
Dasypus novemcinctus (Linnaeus, 1758)	Tatu-galinha	A.R.
Euphractus sexcintus (Linnaeus, 1758)	Tatu-peba	
Primates		
Família Cebidae		
Cebus apella (Linnaeus, 1758)	Macaco-prego	O.B.
Carnivora		
Família Canidae		
Cerdocyon Thous (Linnaeus, 1766)	Cachorro-do-mato	A.R.

FAMILIA e ESPÉCIE	Nome popular	ID
Família Procyonidae		
Procyon cancrivorus (G. Cuvier, 1798)	Mão-pelada	A.R.
Nasua nasua (Linnaeus, 1766)	Coati	O.D.
Família Felidae		
Leopardus tigrinus (Schreber, 1775)	Gato-do-mato	A.R.
Rodentia		
Família Muridae		
Akodon sp	Rato	Cp.
Oligoryzomys sp	Rato	Cp.
Família Caviidae		
Cavia aperea (Erxleben, 1777)	Preá	A.R.
Família Hydrochaeridae		
Hydrochaeris hydrochaeris (Linnaeus, 1766)	Capivara	A.R. / O.D.
Família Dasyproctidae		
Dasyprocta azarae (Lichtenstein, 1823)	Cutia	A.R.
Família Agoutidae		
Agouti paca (Linnaeus, 1766)	Paca	A.R.
Família Erethizontidae		
Sphiggurus villosus (F. Cuvier, 1823)	Ouriço	A.R.
Lagomorpha		
Família Leporidae		
Sylvilagus brasiliensis (Linnaeus, 1758)	Tapiti	O.D.

Considerações Finais

Os principais fatores que afetam a dinâmica de fragmentos florestais são: tamanho, forma, grau de isolamento, tipo de vizinhança e histórico de ocupação (Viana et al.,1992). Estes fatores afetam o estabelecimento e a manutenção das comunidades animais e vegetais nos fragmentos e, portanto, devem ser avaliados quando alterações ambientais são previstas, com o intuito de minimizá-las ou compensa-las na medida do possível.

O presente relatório baseia-se em informações encontradas na literatura e em dados obtidos durante um período de 09 dias de amostragens de campo. Devido ao curto período de amostragem e conseqüentemente ao pequeno esforço realizado, devemos considerar tais dados de campo como dados preliminares e que não representam, obviamente, o conjunto completo dos integrantes da fauna de vertebrados da área em questão. Um bom exemplo da influência do tempo e do esforço nos resultados de levantamentos foi encontrado por Fuller (2003) que trabalhou

durante 12 meses, em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Ibiporã-PR., para a realização de um inventário da mastofauna não voadora da região e das 25 espécies listadas duas tiveram registro confirmado durante os três últimos meses de amostragem.

Os grupos dos peixes, anfíbios e répteis apresentam maiores complicações para a realização de levantamentos rápidos devido às limitações intrínsecas aos métodos de amostragem, aos habitats onde a maioria das espécies é encontrada, à ausência de rastros que possam ser identificados e ao padrão de atividade das espécies no ciclo circadiano.

A fauna de peixes é, sem dúvida, composta por um número muito maior de espécies do que aquelas apresentadas neste relatório e embora exista uma cachoeira, com cerca de 17m de queda, a menos de 1 km a jusante da área em que será construída a barragem e isto constitua um obstáculo natural para muitas espécies que poderiam subir o rio nos períodos reprodutivos, seriam necessários estudos adicionais para determinar quais as espécies potencialmente passíveis de serem afetadas pela construção da PCH. A espécie *Salminus brasiliensis* (Dourado) encontra-se na categoria de ameaça VU (vulnerável) no estado.

Com relação à avifauna a grande maioria das espécies registradas pode ser considerada comum para o ambiente em questão. A comunidade tem predominância de espécies generalistas associadas à borda da floresta (Onívoros de borda). As espécies que merecem destaque são frugívoras de maior porte como: araçari (*Pteroglossus castanotis*), maritacas e periquitos (família Psittacidae), Inhambu-chitã (*Crypturellus tataupa*) e Jacu (*Penelope superciliaris*), por estarem se tornando raras em pequenos fragmentos florestais. É importante ressaltar que o local é utilizado por espécies migratórias como, por exemplo, Saí-andorinha (*Tersina viridis*) e Juruviara (*Vireo olivaceus*). Se espécies migratórias utilizam o local como área de nidificação, não pôde ser confirmado. As espécies campestres registradas no entorno também podem, eventualmente, utilizar a borda da floresta.

No estado do Paraná ocorrem cerca de 170 espécies de mamíferos. Neste relatório são apresentadas 14 espécies mais dois gêneros (indivíduos não identificados ao nível de espécie). Embora a porcentagem apresentada seja pequena é importante salientar que a quiropterofauna não foi amostrada e os roedores de pequeno porte estão representados aqui por apenas uma espécie e dois gêneros e as Ordens Quiróptera e Rodentia são as duas mais numerosas entre os mamíferos. A diversidade de mamíferos de médio e grande porte mostrou-se elevada se

considerados a brevidade do estudo e a comparação com outros estudos de maior duração realizados em fragmentos de porte semelhante (*e.g.* Fuller, 2003). As espécies *Agouti paca* (paca), *Sylvilagus brasiliensis* (Tapiti) *e Leopardus tigrinusI* (gato-do-mato) encontram-se na categoria de ameaça VU (vulnerável).

9.2.2. Flora

O presente trabalho teve por objetivo o levantamento da estrutura da comunidade arbórea em um fragmento de floresta estacional semidecidual com 219 ha de área localizado no município de Indianópolis, Paraná.

Composição Florística

O levantamento florístico, ANEXO – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO, foi realizado apenas nas parcelas onde se realizou o levantamento fitossociológico. Foram considerados apenas os indivíduos que apresentaram CAP (circunferência à altura do peito) ≥ 45 cm.

Análise Estrutural

Foram alocadas 52 parcelas de 10m x 10m, ao longo da curva de nível de 335 m dentro do fragmento de mata, onde se procedeu à análise estrutural. As espécies foram classificadas em grupos ecológicos com o objetivo de comparar os resultados deste estudo com aqueles normalmente apresentados em estudos florísticos onde se pretende avaliar o estágio sucessional de determinada área.

Classificação das Espécies em Grupos Ecológicos

As espécies foram classificadas em grupos ecológicos, baseando-se nos trabalhos realizados por Gandolfi et al. (1995) que separou as espécies em 04 categorias sucessionais. São elas:

- Pioneiras (P): dependentes de luz que não ocorrem no sub-bosque, desenvolvendo-se em clareiras ou nas bordas da floresta;

- Secundárias iniciais (Si): ocorrem em condições de sombreamento médio ou luminosidade não muito intensa, ocorrendo em clareiras pequenas, bordas de clareiras grandes, bordas da floresta ou sub-bosque não densamente sombreado;
- Secundárias tardias (St): desenvolvem-se no sub-bosque em condições de sombra leve ou densa, podendo aí permanecer toda a vida ou então crescer até alcançar o dossel ou a condição de emergente;
- Sem caracterização (Sc): em função da carência de informações, não puderam ser enquadradas em nenhuma das categorias anteriores.

Resultados

De acordo com o levantamento realizado no período de 10 a 18 de outubro de 2005 no remanescente da floresta estacional semidecidual na região de Indianópolis/PR, foram amostrados 357 indivíduos, pertencentes a 37 famílias diferentes, representando 82 gêneros e 120 espécies. Os resultados obtidos serviram de base para a elaboração de tabelas com a listagem das espécies de maior importância econômicae das espécies classificadas como raras ou ameaçadas de extinção bem como da porcentagem das espécies amostradas por cada família do fragmento florestal (Tabela 9.9 e Tabela 9.10).

A família de maior riqueza florística foi a Myrtaceae, seguida de Fabaceae, Lauraceae, Mimosaceae e Meliaceae.

Especificamente na faixa de vegetação localizada no entorno da curva de nível de 335m foram amostrados 13 indivíduos vivos e 2 indivíduos mortos da espécie **Aspidosperma polyneuron** Muell. Arg. (peroba-rosa), 14 indivíduos vivos da espécie **Cedrela fissilis** Vell. (cedro-rosa) e 31 indivíduos da espécie **Euterpe edulis** Mart. (palmiteiro). Além desses indivíduos, também foram observados espécimes do gênero **Ocotea** (canelas), do gênero **Parapiptadenia** (angicos), do gênero **Picramnia** (cedrinho), do gênero **Inga** (ingás), entre outros.

Das 120 espécies arbóreas amostradas, 10% foram classificadas como sendo pioneiras, 38% como secundárias iniciais, 41% como secundárias tardias e 11% ficaram sem classificação.

A maioria dos autores relaciona o predomínio de espécies de final de sucessão ao bom estado de preservação do remanescente de floresta estacional semidecidual amostrado. A porcentagem também elevada de espécies secundárias iniciais é explicada através do histórico de fragmentação, da perturbação e da deciduidade periódica de certa porcentagem de espécies que proporcionaria um aumento periódico da luminosidade no interior da mata, favorecendo o desenvolvimento desse grupo sucessional.

TABELA 9.9. Relação das Espécies Vegetais Arbóreas Presentes no Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual da Região de Indianópolis, Paraná.

FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME VULGAR
ANACARDIACEAE	Astronium graveolus Jacq.	Aroeira, guaritá
	Lithraea molleoides (Vell.)Engl.	Aroeira brava
ANNONACEAE	Annona caccans Warm.	Araticum cagão
	Rollinia sylvatica (St. Hill.) Mart.	Araticum
APOCYNACEAE	Aspidosperma polyneuron Muell. Arg.	Peroba-rosa
	Aspidosperma ramiflorum Mull. Arg.	Guatambú, guatambú-amarelo
ARAUCARIACEAE	Araucaria angustifolia (Bertol.) O. Ktze.	Pinheiro-do-Paraná
ARECACEAE	Euterpe edulis Mart.	Palmiteiro, palmito
	Syagrus romanzoffiana (Cham.) Glassm.	Gerivá
ASTERACEAE	Piptocarpha axillaris (Less.)Bak.	Cambará de folha-miúda
	Vernonia diffusa Less.	Cambará-açu
BIGNONIACEAE	Jacaranda micrantha Cham.	Caroba, Carobão
BOMBACACEAE	Chorisia speciosa St.Hill.	Paineira
BORAGINACEAE	Cordia ecalyculata Vell.	Café-de-bugre
	Cordia trichotoma [Vell.]Arrab. ex Steud.	Louro-pardo
	Patagonula americana L.	Guajuvira
CAESALPINIACEAE	Apuleia leiocarpa (Vog.) Macbr.	Grápia
	Bauhinia forficata Link	Unha-de-vaca
	Cassia ferruginea Schrad. ex DC.	Canafístula
	Peltophorum dubium (spr.) Taub.	Canafístula, gurucaia
	Pterogyne nitens Tul.	Amendoim
CARICACEAE	Jacaratia spinosa (Aubl.) DC.	Jacaratiá, mamão-bravo
CECROPIACEAE	Cecropia glazioui Sneath.	Embaúba, umbaúva
	Cecropia pachystachya Tréc.	Embaúba, umbaúva
CELASTRACEAE	Maytenus aquifolium Mart.	Espinheira-santa
EUPHORBIACEAE	Actinostemon communis (Mull. Arg.) Pax	Laranjeira-brava
	Actinostemon concolor (Spr.) Muell. Arg.	Laranjeira-do-mato
	Alchornea glandulosa Poepp.	Tapiá-guaçu
	Alchornea triplinervia (Spr.) Muell. Arg.	Jangada, jangadeiro
	Croton floribundus Spr.	Capixingui
	Sebastiania klotzchiana (Muell.Arg.)Muell.Arg.	Capixava
	Sebastiana serrata (Baill.)Muell. Arg.	Branquilho
FABACEAE	Acosmium subelegans (Mohl.)Yakol.	Perobinha-do-campo
	Centrolobium tomentosum Guill. Ex Benth.	Araribá
	Machaerium brasiliensis Vog.	Mosquiteiro

	Machaerium nictitans (vel.) Benth.	Jacarandá-ferro
	Machaerium paraguariense Hassl.	Sapuvão
	Machaerium villosum Vog.	Jacarandá paulista
	Myrocarpus frondosus Fr. Allem.	Cabreúva
	Myroxylum peruiferum L.	Bálsamo
	Platypodium elegans Vog.	Jacarandá do campo
	Poecilanthe parviflora Benth.	Sapuvão
	Pterocarpus rohrii Vahl.	Pau-sangue
	Sesbania virgata	
FLACOURTIACEAE	Casearia gossypiosperma Briq.	Guassatunga
	Caseria sylvestris Swartz	Café-de-bugre
	Prockia crucis P. Bromne ex L.	Espinho-agulha
LAURACEAE	Endlicheria paniculata (Spr.) Macbr.	Canela-frade
	Nectandra grandiflora Nees. & Mart.	Canela-fedida
	Nectandra megapotamica (Spr.) Mez.	Canela-preta
	Nectandra oppositifolia Nees.	Canela-ferugem
	Ocotea corymbosa (Meissn)Mez	Canela-bosta
	Ocotea elegans Mez	Canela
	Ocotea indecora Schott.	Canela
	Ocotea porosa (Ness) Lib. Barr.	Embuia, imbuia
	Ocotea puberula (Rich.) Nees	Canela-sebo, canela-guaicá
	Ocotea silvestris Vatt.	Canela
	Persea pyrifolia Ness & Mart.ex Ness.	Maçaranduba
MELIACEAE	Cabralea canjerana (Vell.) Mart.	Cajarana, canjerana
	Cedrela fissilis Vell.	Cedro-rosa
	Guarea kunthiana A. Juss.	Figo-do-mato
	Guarea macrophylla Vahl.	Ataúba
	Trichilia casarettii C. DC.	Catiguá-vermelho
	Trichilia catigua A. Juss.	Catiguá
	Trichilia claussenii C.DC.	Catiguá-vermelho
	Trichilia elegans A. Juss.	Pau-de-ervilha
MIMOSACEAE	Acacia polyphylla DC.	Monjoleiro, monjolo
	Calliandra cf. twedii Benth	Sarandi
	Enterolobium contorstisiliquum (Vell.)Morong.	Orelha de negro
	Inga affinis DC.	Ingá
	Inga marginata Willd.	Ingá-mirim
	Inga sessilis (Vell.) Mart.	Ingá-ferradura
	Inga striata Benth.	Ingá-banana
	Parapiptadenia rigida (Benth.) Bren.	Angico-vermelho
	Piptadenia gonoacantha (Mart.) Macbr.	Pau-jacaré
MORACEAE	Ficus glabra	Figueira
	Sorocea bonplandii (Baill.) Burg.	Capiricica, cincho
MYRSINACEAE	Rapanea umbellata (Mart. ex A. DC.) Mez	Capororoca
MYRTACEAE	Calyptranthes concinna DC.	Guamirim-ferro
	Campomanesia guavirova Kiaersk	Guabiroba-de-árvore
	Campomanesia xanthocarpa Berg.	Guabirobeira
	Eugenia blastantha (Berg.)Legr.	
	Eugenia dodoneaefolia Camb.	
	Eugenia gardneriana Berg.	
	Eugenia umbelliflora O. Berg.	Guamirim

	Eugenia uniflora L.	Pitangueira
	Eugenia verrucosa Lerg.	Araçazeiro, guamirim-ripa
	Myrcia ramulosa DC.	Cambu
	Myrcia tomentosa DC.	Lanceira
	Myrciaria tenella (DC.) O. Berg	Cambuí
	Plinia rivularis (Camb.) Rotm.	Guamirim
NYCTAGINACEAE	Guapira opposita (Vell.) Reitz	Maria-mole
PHYTOLACCACEAE	Gallesia integrifolia (Spr.) Harms.	Pau-d´alho
POLYGINACEAE	Ruprechtia laxiflora Meissn.	Viraru, farinha-seca
RHAMNACEAE	Colubrina glandulosa Perk.	Sobraji, sobrasil
ROSACEAE	Prunus sellowii Koehne	Pessegueiro-bravo
RUBIACEAE	Alseis floribunda Schott	
RUTACEAE	Balfourodendron riedelianum Engl.	Pau-marfim
	Esenbeckia febrifuga (St. Hill) A. Juss.	Cutia, mamoninho
	Esenbeckia grandiflora Mart.	Cutia, pau-de-cutia
	Helietta longifoliata Britton	Canela-de-veado
	Zanthoxylum hyemale A.St.Hil.	Mamica-de-porca
	Zanthoxylum riedelianum Engl.	Mamica-de-porca
SAPINDACEAE	Allophyllus edulis Radlk. ex Warm.	Fruta-de-pombo
	Allophyllus guaraniticus Barkley & Villa	Baga-de-morcego
	Cupania vernalis Camb.	Camboatá
	Diatenopteryx sorbifolia Radlk.	Maria-preta, correeira
	Matayba eleagnoides Radlk.	Caqui-do-mato
SAPOTACEAE	Chrysophyllum gonocarpum Engl.	Guatambu-de-leite
	Chrysophyllum marginatum Radlk.	Aguaí-vermelho
SIMAROUBACEAE	Picramnia ramiflora Planch.	Cedrinho, cedrilho
	Picramnia crenata Eichl.	Cedrinho, cedrico
SOLANACEAE	Cestrum intermedium Sendtn.	Coreana
	Solanum argenteum Dun.	Joá-manso
THYMELEACEAE	Daphnopsis fasciculata (Meissn.)Nevl.	Imbira
TILIACEAE	Luhea divaricata Willd.	Açoita-cavalo
	Luehea grandiflora Mart. & Zucc.	Açoita cavalo
URTICACEAE	Urera baccifera (L.) Gaud.	Urtiga, urtigão
VERBENACEAE	Aloysia virgata (R. & P.) A. Juss.	Cidró, erva-santa
	Vitex megapotamica (Spr.) Moldenke	Tarumã, tarumã-preta

Tabela 9.10. Classificação das Espécies Amostradas por Grupos e Cológicos no Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual da Região de Indianópolis, Paraná. (P = Pioneira; Si = Secundária Inicial; St = Secundária Tardia; Sc = Sem Classificação).

FAMÍLIA	ESPÉCIE	GRUPO ECOLÓGICO
ANACARDIACEAE	Astronium graveolus Jacq.	St
	Lithraea molleoides (Vell.)Engl.	Si
ANNONACEAE	Annona caccans Warm.	St
	Rollinia sylvatica (St. Hill.) Mart.	Si
APOCYNACEAE	Aspidosperma polyneuron Muell. Arg.	St
	Aspidosperma ramiflorum Mull. Arg.	St
ARAUCARIACEAE	Araucaria angustifolia (Bertol.) O. Ktze.	St
ARECACEAE	Euterpe edulis Mart.	Si

	Syagrus romanzoffiana (Cham.) Glassm.	Si
ASTERACEAE	Piptocarpha axillaris (Less.)Bak.	P
	Vernonia diffusa Less.	P
BIGNONIACEAE	Jacaranda micrantha Cham.	St
BOMBACACEAE	Chorisia speciosa St.Hill.	St
BORAGINACEAE	Cordia ecalyculata Vell.	P
	Cordia trichotoma [Vell.]Arrab. ex Steud.	Si
	Patagonula americana L.	Si
CAESALPINIACEAE	Apuleia leiocarpa (Vog.) Macbr.	Si
	Bauhinia forficata Link	Si
	Cassia ferruginea Schrad. ex DC.	Si
	Peltophorum dubium (spr.) Taub.	Si
	Pterogyne nitens Tul.	Si
CARICACEAE	Jacaratia spinosa (Aubl.) DC.	P
CECROPIACEAE	Cecropia glazioui Sneath.	Si
	Cecropia pachystachya Tréc.	Si
CELASTRACEAE	Maytenus aquifolium Mart.	St
EUPHORBIACEAE	Actinostemon communis (Mull. Arg.) Pax	St
	Actinostemon concolor (Spr.) Muell. Arg.	St
	Alchornea glandulosa Poepp.	St
	Alchornea triplinervia (Spr.) Muell. Arg.	P
	Croton floribundus Spr.	St
	Sebastiania klotzchiana (Muell.Arg.)Muell.Arg.	St
	Sebastiana serrata (Baill.)Muell. Arg.	St
FABACEAE	Acosmium subelegans (Mohl.)Yakol.	Sc
	Centrolobium tomentosum Guill. Ex Benth.	Si
	Machaerium brasiliensis Vog.	Si
	Machaerium nictitans (vel.) Benth.	Si
	Machaerium paraguariense Hassl.	Si
	Machaerium villosum Vog.	St
	Myrocarpus frondosus Fr. Allem.	Sc
	Myroxylum peruiferum L.	St
	Platypodium elegans Vog.	Si
	Poecilanthe parviflora Benth.	Si
	Pterocarpus rohrii Vahl.	Si
	Sesbania virgata	Si
FLACOURTIACEAE	Casearia gossypiosperma Briq.	St
	Caseria sylvestris Swartz	P
	Prockia crucis P. Bromne ex L.	St
LAURACEAE	Endlicheria paniculata (Spr.) Macbr.	St
	Nectandra grandiflora Nees. & Mart.	St
	Nectandra megapotamica (Spr.) Mez.	St
	Nectandra oppositifolia Nees.	St
	Ocotea corymbosa (Meissn)Mez	Si
	Ocotea elegans Mez	Si
	Ocotea indecora Schott.	St
	Ocotea porosa (Ness) Lib. Barr.	St
	Ocotea puberula (Rich.) Nees	St
	Ocotea silvestris Vatt.	St
	Persea pyrifolia Ness & Mart.ex Ness.	St

MELIACEAE	Cabralea canjerana (Vell.) Mart.	St
	Cedrela fissilis Vell.	Si
	Guarea kunthiana A. Juss.	St
	Guarea macrophylla Vahl.	St
	Trichilia casarettii C. DC.	St
	Trichilia catigua A. Juss.	St
	Trichilia claussenii C.DC.	St
	Trichilia elegans A. Juss.	St
MIMOSACEAE	Acacia polyphylla DC.	Si
	Calliandra cf. twedii Benth	St
	Enterolobium contorstisiliquum (Vell.)Morong.	Si
	Inga affinis DC.	Si
	Inga marginata Willd.	Si
	Inga sessilis (Vell.) Mart.	Si
	Inga striata Benth.	Si
	Parapiptadenia rigida (Benth.) Bren.	Si
	Piptadenia gonoacantha (Mart.) Macbr.	Si
MORACEAE	Ficus glabra	Si
	Sorocea bonplandii (Baill.) Burg.	St
MYRSINACEAE	Rapanea umbellata (Mart. ex A. DC.) Mez	Si
MYRTACEAE	Calyptranthes concinna DC.	Sc
	Campomanesia guavirova Kiaersk	St
	Campomanesia xanthocarpa Berg.	St
	Eugenia blastantha (Berg.)Legr.	Si
	Eugenia dodoneaefolia Camb.	St
	Eugenia gardneriana Berg.	St
	Eugenia umbelliflora O. Berg.	St
	Eugenia uniflora L.	St
	Eugenia verrucosa Lerg.	St
	Myrcia ramulosa DC.	P
	Myrcia tomentosa DC.	P
	Myrciaria tenella (DC.) O. Berg	St
	Plinia rivularis (Camb.) Rotm.	St
NYCTAGINACEAE	Guapira opposita (Vell.) Reitz	Si
PHYTOLACCACEAE	Gallesia integrifolia (Spr.) Harms.	St
POLYGINACEAE	Ruprechtia laxiflora Meissn.	Sc
RHAMNACEAE	Colubrina glandulosa Perk.	Sc
ROSACEAE	Prunus sellowii Koehne	Si
RUBIACEAE	Alseis floribunda Schott	Si
RUTACEAE	Balfourodendron riedelianum Engl.	St
	Esenbeckia febrifuga (St. Hill) A. Juss.	Si
	Esenbeckia grandiflora Mart.	St
	Helietta longifoliata Britton	Si
	Zanthoxylum hyemale A.St.Hil.	P
	Zanthoxylum riedelianum Engl.	P
SAPINDACEAE	Allophyllus edulis Radlk. ex Warm.	P
	Allophyllus guaraniticus Barkley & Villa	P
	Cupania vernalis Camb.	Si
	Diatenopteryx sorbifolia Radlk.	Sc
	Matayba eleagnoides Radlk.	Si

SAPOTACEAE	Chrysophyllum gonocarpum Engl.	Sc
	Chrysophyllum marginatum Radlk.	St
SIMAROUBACEAE	Picramnia ramiflora Planch.	Sc
	Picramnia crenata Eichl.	Sc
SOLANACEAE	Cestrum intermedium Sendtn.	Sc
	Solanum argenteum Dun.	Sc
THYMELEACEAE	Daphnopsis fasciculata (Meissn.)Nevl.	Si
TILIACEAE	Luhea divaricata Willd.	Si
	Luhea grandiflora Mart. & Zucc.	Si
URTICACEAE	Urera baccifera (L.) Gaud.	Sc
VERBENACEAE	Aloysia virgata (R. & P.) A. Juss.	P
	Vitex megapotamica (Spr.) Moldenke	Sc

Tabela 9.11. Relação das Espécies de Importância Econômica Presentes no Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual daRregião de Indianópolis, Paraná.

FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME VULGAR
APOCYNACEAE	Aspidosperma polyneuron Muell. Arg.	Peroba-rosa
ARAUCARIACEAE	Araucaria angustifolia (Bertol.) O. Ktze.	Pinheiro-do-Paraná
ARECACEAE	Euterpe edulis Mart.	Palmiteiro, palmito
BIGNONIACEAE	Jacaranda micrantha Cham.	Caroba, Carobão
BORAGINACEAE	Patagonula americana L.	Guajuvira
LAURACEAE	Ocotea porosa (Ness) Lib. Barr.	Embuia, imbuia
MELIACEAE	Cedrela fissilis Vell.	Cedro-rosa
MIMOSACEAE	Parapiptadenia rigida (Benth.) Bren.	Angico-vermelho
SIMAROUBACEAE	Picramnia ramiflora Planch.	Cedrinho, cedrilho
	Picramnia crenata Eichl.	Cedrinho, cedrico

Tabela 9.12. Relação das Espécies Raras e/ou Ameaçadas de Extinção e das Espécies Protegidas por Lei Presentes no Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual da Região de Indianópolis, Paraná.

FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME VULGAR
APOCYNACEAE	**Aspidosperma polyneuron** Muell. Arg**.**	Peroba-rosa
ARAUCARIACEAE	**Araucaria angustifolia** (Bertol.) O. Ktze.	Pinheiro-do-Paraná*
LAURACEAE	**Ocotea porosa** (Ness) Lib. Barr.	Embuia, imbuia*
MELIACEAE	**Cedrela fissilis** Vell.	Cedro-rosa

*espécies consideradas em situação vulnerável de acordo com a Portaria nº 37-N, de 3 de abril de 1992, do IBAMA, que tornou pública a lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçada de extinção.

Tabela 9.13. Porcentagem de Espécies Amostradas por Família no Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual da Região de Indianópolis, Paraná.

FAMÍLIA	NÚMERO DE ESPÉCIES	PORCENTAGEM
ANACARDIACEAE	2	1,6
ANNONACEAE	2	1,6
APOCYNACEAE	2	1,6
ARAUCARIACEAE	1	0,8
ARECACEAE	2	1,6
ASTERACEAE	2	1,6
BIGNONIACEAE	1	0,8
BOMBACACEAE	1	0,8
BORAGINACEAE	3	2,5

CAESALPINIACEAE	5	4,2
CARICACEAE	1	0,8
CECROPIACEAE	2	1,6
CELASTRACEAE	1	0,8
EUPHORBIACEAE	7	5,8
FABACEAE	12	10,0
FLACOURTACEAE	3	2,5
LAURACEAE	11	9,2
MELIACEAE	8	6,7
MIMOSACEAE	9	7,5
MORACEAE	2	1,6
MYRSINACEAE	1	0,8
MYRTACEAE	13	10,8
NYCTAGINACEAE	1	0,8
PHYTOLACCACEAE	1	0,8
POLYGINACEAE	1	0,8
RHAMNACEAE	1	0,8
ROSACEAE	1	0,8
RUBIACEAE	1	0,8
RUTACEAE	6	5,0
SAPINDACEAE	5	4,2
SAPOTACEAE	2	1,6
SIMAROUBACEAE	2	1,6
SOLANACEAE	2	1,6
THYMELEACEAE	1	0,8
TILIACEAE	2	1,6
URTICACEAE	1	0,8
VERBENACEAE	2	1,6

10. CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO

Cronograma Físico de Construção

O desenho ANEXO MAPAS - PBA-RDI-047 apresenta o Cronograma Físico de Construção da PCH Rio dos Índios, estimando o prazo total de 20 (vinte) meses para a entrada do 1º grupo turbina-gerador em operação comercial, entrando o segundo grupo 01 (um) mês após.

11. BIBLIOGRAFIA

AGOSTINHO, A.A., JÚLIO Jr., H.F., BORGHETTI, J.R. 1992**. Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso: reservatório de Itaipu**. *Unimar*, 14: 89-107.

ALMEIDA, D.S. 1996. **Florística e estrutura de um fragmento de floresta atlântica, no município de Juiz de Fora, Minas Gerais.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ALMEIDA, F.F.M**. Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista.** Boletim do Instituto Geográfico e Geológico, São Paulo, IGG, (41: 167-263). 1964.

ARCADIS LOGOS ENERGIA S.A. e POENTE ENGENHARIA E CONSULTORIA S/C LTDA. **Inventário Hidrelétrico Simplificado Rio Goio-Erê – PR. Relatório Final. Vol.2/2 – Anexo A – Meio Ambiente.** Belo Horizonte, dezembro de 2001.

ARRUDA, P. R. R. **Avaliação qualitativa de impactos ambientais decorrentes de empreendimentos hidroelétricos**. 2000. 117 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG: 2000.

BROWN, K.S. & BROWN, G.G. 1992. **Habitat alteration and species loss in Brazil forests**. *In*: Whitmore, T.C. & Sayer, J.A. (ed.) **Tropical deforestation and species extinction**, Chapman & Hall, London, 119-142 pp.

CARLTON, J.T. 1996. **Biological invasions and cryptogenic species**. *Ecology 77* (6):1633- 1655.

CASTRO, J.C.; BORTOLUZZI, C.A.; CARUSO Jr., F.; KREBS, A. S. **Coluna White**: Estratigrafia da Bacia do Paraná no Sul do Estado de Santa Catarina - Brasil. Florianópolis: Secretaria de Estado de Tecnologia, Energia e Meio Ambiente, 1994. 1 v. (Série Textos Básicos de Geologia e Recursos Minerais de Santa Catarina, 4).

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA – CEPEL / DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA-DNAEE / ELETROBRÁS – CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S. A.. **A Dimensão Ambiental nos Estudos de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas.** Rio de Janeiro, 1997.

CLAY, C.H. 1994. *Design of fishways and other fish facilities*. (2nd ed.). Boca Raton, Lewis. 248p.

COX, G.W. 1999. **Alien species in North America and Hawaii; impacts on Natural ecosystems.** Island Press, Washington, DC. 387 pp.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. Departamento Nacional da Produção - **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná**. Tomo I. Londrina, 1984.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. Departamento Nacional da Produção - **Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado do Paraná.** Tomo II. Londrina, 1984.

FAGAN, W.F., LEWIS, M.A., NEUBERT, M.G. & DRIESSCHE, P. VAN DEN 2002. **Invasion theory and biological control**. *Ecology Letters 5*:148-157.

FERREIRA, R.L.C. 1997. **Estrutura e dinâmica de uma floresta secundária de transição, Rio Vermelho e Serra Azul de Minas, MG**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FINE, P.V.A. 2002. **The invisibility of tropical forests by exotic plants**. *Journal of Tropical Ecology. 18*:687-705.

FORMAN, R. T. T. & Godron, M. 1986. **Landscape Ecology**. John Wiley & Sons, New York. 619 pp.

FULLER, B. B. 2003. **Levantamento da mastofauna não voadora da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR.** Monografia. Universidade Estadual de Londrina, 46 pp.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil – PNUD, 2000.** Belo Horizonte, 2001.

GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H.; BEZERRA, C.L.F. **Levantamento florístico caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos - SP**. Revista brasileira de botânica, v.55, n.4, p.753-767, 1995.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1992. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 92p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Serviço Geográfico. Região Sul do Brasil. Carta Topográfica, **Folha Tapejara**. MI 2781-1. Escala: 1:50.000. 1976.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Serviço Geográfico. Região Sul do Brasil. Carta Topográfica, **Folha Cianorte**. SF-22-Y-C-VI-2, MI 2781-2. Escala: 1:50.000. 1976.

IPT. Instituto de Pesquisa Tecnológica. **Mapeamento Geológico do Bloco SF-22-T** (ACS-73). Paulipetro – Consórcio CESP/IPT, 65 p.

JABUR, I.C. & SANTOS, M.L. **Revisão Estratigráfica da Formação Caiuá**. Boletim de Geografia, Maringá, 2(2): 91-106. 1984.

KENNEDY, R.H. 1999. **Reservoir design and operation: limnological implications and management opportunities.** In: TUNDISI, J.G., STRASKRABA, M. (eds.), **Theoretical Reservoir Ecology and its Applications**. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences, Backhuys Publishers, São Carlos. p. 1-28.

LEINZ, V. **Contribuição à Geologia dos Derrames Basálticos no Sul do Brasil.** Boletim Faculdade de Ciências e Letras, São Paulo, 103:61 p. 1949.

MAACK, R. Die Gondwanaschichten - **Breves noticias sobre a geologia dos estados do Paraná e Santa Catarina**. **Arq. Inst. Biol. Pesq.**, Curitiba, v.1 n. 9 , p.129-176 , 1949.

MAACK, R.. **Breves Notícias sobre a Geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina**. **Arquivos de Biologia e Tecnologia, Instituto Pesquisas**. 1947.

MINEROPAR – "Depósitos Minerais do Estado do Paraná", mapa em escala 1:400.000, 1986.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – MME e DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo.** Rio de Janeiro, 1978.

NOBREGA, M.T., GASPARETO, N.V.L. & NAKASHIMA, P. Metodologia para Cartografia Geotécnica de Umuarama, PR. Boletim de Geografia, Maringá, 10(1): 5-10. 1992.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Lista Vermelha de Animais Ameaçados de Extinção no Estado do Paraná**. Curitiba: SEMA/ GTZ, 1995.

PASTAKAIA, C.M.R. **The Rapid assessment matrix (RIAM) – a new tool for environmental impact assessment.** In: **Environmental Impact Assessment Matrix (RIAM)**, 1998, K. Jensen, Denmark.

PASTAKAIA, C.M.R. **The Rapid assessment matrix (RIAM) – a new tool for environmental impact assessment.** In: Environmental Impact Assessment Review 18: 461-482.

POPP, J. H. & BIGARRELA, J.J. **Formações Cenozóicas do NO do Paraná**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 47 (suplemento) 465-472. 1975.

RODRIGUES, E. 1993. **Ecologia de fragmentos florestais ao longo de um gradiente de urbanização em Londrina-PR**. Tese de Mestrado. Universidade de São Carlos. 110 pp.

RODRIGUES, M.; Carrara, L. A.; Faria L. P.; Gomes H. B. 2005. **Aves do Parque Nacional da Serra do Cipó: o Vale do Rio Cipó, Minas Gerais, Brasil.** Rev. Bras. Zool. vol. 22 no.2 Curitiba.

SCHNEIDER, R.L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A. A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, 1974. **Anais ...** Porto Alegre: SBG, 1974. vol. 1, p.41-65.

SICK, H. 1997. **Ornitologia brasileira.** Rio de Janeiro, Nova fronteira, 912p.

SUDESUL-EMBRAPA-IAPAR – Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná – Tomo I – Londrina, 1984.

THOMAZ, S.M., BINI, L.M., ALBERTI, S.M. 1997. Limnologia **do reservatório de Segredo: padrões de variação espacial e temporal**. *In*: AGOSTINHO, A.A., GOMES, L.C. (eds.) **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo**, Maringá, p.19-38.

THORNTON, K.W. 1990. **Perspectivas on Reservoir Limnology**. In: THORNTON, K.W., KIMMEL, B.L., PAYNE, F.E. (eds.), **Reservoir Limnology: Ecological Perspectivas**, New Cork, John Wiley and Sons Inc., p. 1-13.

TUNDISI, J. G., STRAŠKRABA, M. 1999. **Theoretical Reservoir Ecology and its Applications**. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences, Backhuys Publishers, São Carlos. 585 p

TUNDISI, J.G. 1999. **Reservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicações e perpectivas para usos múltiplos**. *In*: HENRY, R. (ed.) **Ecologia de Reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais.** FAPESP/FUNDIBIO, Botucatu, p. 21-38.

VIANA, V. M. 1990. **Biologia e manejo de fragmentos florestais**. In: **Anais 6º Congresso Florestal Brasileiro**, 1990. Campos do Jordão, p. 113-8.

VIANA, V.M. 1987. **Ecologia de populações florestais colonizadas e recuperação de áreas degradadas**. In: **Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Síntese dos conhecimentos.** São Paulo: ACIESP, 1: 20-39.

VIANA, V.M; Tabanez, A.A.J.; Martins, J.L.A. 1992. **Restauração e manejo de Fragmentos florestais**. In: Congresso Nacional Sobre Essências Nativas, 2, São Paulo, 1992. Anais. São Paulo:

Instituto Florestal de São Paulo. p. 4000-4007.