

NOVEMBRO / 2000

**FASE IV - ESTUDOS DE ALTERNATIVAS  
VOLUME 1 - RELATÓRIO GERAL  
TOMO I**

**ELABORAÇÃO DO DIAGNÓSTICO, DOS ESTUDOS BÁSICOS E DOS  
ESTUDOS DE VIABILIDADE DO EIXO DE INTEGRAÇÃO DA IBIAPABA**

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ  
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS**



MONTGOMERY WATSON



**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**

Governador: Tasso Ribeiro Jereissati

**SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS**

Secretário: Hypérides Pereira de Macêdo

**PROGERIRH**

Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos

***ELABORAÇÃO DO DIAGNÓSTICO,  
DOS ESTUDOS BÁSICOS E  
DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE DO  
EIXO DE INTEGRAÇÃO DA IBIAPABA***

***FASE IV – ESTUDOS DE ALTERNATIVAS***

***Volume 1 – Relatório Geral***

***Tomo I***



MONTGOMERY WATSON



## APRESENTAÇÃO

---



MONTGOMERY WATSON



## APRESENTAÇÃO

O objetivo geral da Política Estadual dos Recursos Hídricos do Ceará é promover o uso racional dos recursos hídricos e gerenciar os mesmos de uma maneira integrada e descentralizada. Neste contexto se insere o Eixo de Integração da Ibiapaba, o qual se constitui em um dos projetos empreendidos pelo Governo do Estado do Ceará para alcançar as metas de aproveitamento integrado dos recursos hídricos.

O Eixo de Integração da Ibiapaba, então concebido pelo PROGERIRH – Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos, está localizado na região noroeste semi-árida do Estado do Ceará. Neste sistema, estão compreendidas as Bacias dos Rios Acaraú, Coreaú e Poti, sendo que esta última se estende também ao Estado do Piauí, onde constitui uma parte da Bacia do Parnaíba. Se diferencia por ser o primeiro sistema complexo deste tipo a ser estudado, sendo que nele se prevê a transferência de águas da Bacia do Rio Poti (Parnaíba) para as Bacias dos Rios Acaraú e Coreaú.

O Consórcio MONTGOMERY WATSON AMERICAS Inc. e ENGESOFT - Engenharia e Consultoria S/C Ltda. conduziu os estudos de **Elaboração do Diagnóstico, dos Estudos Básicos e dos Estudos de Viabilidade do Eixo de Integração da Ibiapaba**, no âmbito do Contrato Nº. 18/PROGERIRH/CE/SRH/98-PILOTO, firmado com a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – SRH.

Este estudo buscou soluções para corrigir o desequilíbrio das necessidades de abastecimentos de água, através do desenvolvimento das áreas de pouca armazenagem onde escoamentos estão disponíveis; desenvolvimento de sistemas de adução para transportar água dos reservatórios para cidades, comunidades rurais e outros usuários; e unir as bacias hidrográficas do Acaraú, Coreaú e Poti através de transposições entre bacias.



O presente estudo é composto pelas seguintes Fases e respectivos Volumes:

**Relatório Síntese**

**Fase I – Diagnóstico**

Volume 1 - Diagnóstico

Volume 2 - Anexos

**Fase II – Planejamento Regional**

Volume 1 - Plano Regional

Volume 2 - Estudos de Demanda

**Fase III – Balanço Hídrico**

**Fase IV – Estudo de Alternativas**

Volume 1 - Relatório Geral

- Tomo I
- Tomo II

Volume 2 - Anteprojetos das Obras

Volume 3 – Estudos Topográficos

Volume 4 - Estudos Geotécnicos

Volume 5 - Estudos Hidrológicos

Volume 6 - Estudos Ambientais

**Fase V – Análise Institucional**



MONTGOMERY WATSON



## ÍNDICE

---



## ÍNDICE

### Páginas

<b>APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>4</b>
<b>MAPA DE LOCALIZAÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2. ESTABELECIMENTO DAS ALTERNATIVAS.....</b>	<b>19</b>
2.1. <i>Identificação dos Déficits Hídricos .....</i>	<i>20</i>
2.2. <i>Açudes Propostos para as bacias do acarajú, Coreaú e Poti.....</i>	<i>33</i>
2.3. <i>Alternativas do Eixo de Integração da Ibiapaba .....</i>	<i>40</i>
2.3.1. <i>Alternativa 1 .....</i>	<i>44</i>
2.3.2. <i>Alternativa 2 .....</i>	<i>46</i>
2.3.3. <i>Alternativa 3 .....</i>	<i>47</i>
2.4. <i>Alternativas Localizadas de Atendimento às Demandas .....</i>	<i>51</i>
2.5. <i>Soluções Propostas para os Abastecimentos dos Municípios nas Bacias do Acaraú, Coreaú e Poti .....</i>	<i>54</i>
<b>3. BALANÇO HÍDRICO DAS ALTERNATIVAS .....</b>	<b>61</b>
3.1. <i>Balanço Hídrico da Alternativa 1.....</i>	<i>63</i>
3.2. <i>Balanço Hídrico da Alternativa 2.....</i>	<i>75</i>
3.3. <i>Balanço Hídrico da Alternativa 3.....</i>	<i>86</i>
<b>4. ANTEPROJETO E CUSTOS DOS BARRAMENTOS DO EIXO DE INTEGRAÇÃO.....</b>	<b>98</b>
4.1. <i>Introdução .....</i>	<i>99</i>
4.2. <i>Açude Lontras.....</i>	<i>103</i>
4.2.1. <i>Generalidades .....</i>	<i>103</i>
4.2.2. <i>Localização e Acesso .....</i>	<i>103</i>
4.2.3. <i>Geologia Regional e Local .....</i>	<i>104</i>
4.2.4. <i>Estudos Geotécnicos.....</i>	<i>105</i>
4.2.4.1. <i>Investigações no local da barragem.....</i>	<i>106</i>
4.2.4.2. <i>Investigações nas fontes de materiais de construção.....</i>	<i>106</i>
4.2.5. <i>Estudos Topográficos .....</i>	<i>108</i>



4.2.6. Estudos Hidrológicos.....	109
4.2.7. Arranjo geral das Obras.....	120
4.2.8. Maciço.....	120
4.2.8.1. Alternativas de seção tipo .....	120
4.2.8.2. Seção escolhida.....	122
4.2.9. Sangradouro.....	123
4.2.9.1. Alternativas de localização e tipo.....	123
4.2.9.2. Sangradouro escolhido.....	124
4.2.10. Tomada D'água .....	124
4.2.11. Características Técnicas da Alternativa Escolhida .....	125
4.2.12. Quantitativos e Custos.....	126
<b>4.3. Açude Inhuçu .....</b>	<b>132</b>
4.3.1. Generalidades .....	132
4.3.2. Localização e Acesso .....	133
4.3.3. Geologia Regional e Local .....	133
4.3.4. Estudos Geotécnicos.....	134
4.3.4.1 Investigações no local da barragem .....	134
4.3.4.2. Investigações nas fontes de materiais de construção.....	135
4.3.5. Estudos Topográficos .....	137
4.3.6. Estudos Hidrológicos.....	138
4.3.7. Arranjo Geral das Obras.....	147
4.3.8. Maciço.....	147
4.3.8.1. Alternativas de seção tipo .....	147
4.3.8.2. Seção escolhida .....	149
4.3.9. Sangradouro.....	150
4.3.9.1. Alternativas de localização e tipo.....	150
4.3.9.2. Sangradouro Escolhido .....	151
4.3.10. Tomada D'água .....	151
4.3.11. Características Técnicas da Alternativa Escolhida .....	152
4.3.12. Quantitativos e Custos.....	153
<b>4.4. Açude Fronteiras .....</b>	<b>163</b>
4.4.1. Generalidades .....	163
4.4.2. Localização e Acesso .....	163
4.4.3. Geologia Regional e Local .....	164
4.4.4. Investigações Geotécnicas.....	165
4.4.4.1. Investigações no local da barragem.....	165
4.4.4.2. Investigações nas fontes de materiais de construção.....	166
4.4.5. Estudos Topográficos .....	168



4.4.6. Estudos Hidrológicos.....	169
4.4.7. Arranjo Geral das Obras.....	192
4.4.8. Maciço.....	192
4.4.8.1. Alternativas de seção tipo .....	192
4.4.8.2. Maciço escolhido .....	193
4.4.9. Sangradouro.....	194
4.4.9.1. Alternativas de localização e tipo.....	194
4.4.9.2. Sangradouro Escolhido .....	195
4.4.10. Tomada D'água .....	196
4.4.11. Características Técnicas da Alternativa Escolhida .....	196
4.4.12. Quantitativos e Custos.....	198
<b>4.5. Açude Paula Pessoa .....</b>	<b>202</b>
4.5.1. Generalidades .....	202
4.5.2. Localização e Acesso .....	203
4.5.3. Geologia Regional e Local .....	203
4.5.4. Estudos Geotécnicos.....	204
4.5.5. Estudos Topográficos .....	205
4.5.6. Estudos Hidrológicos.....	206
4.5.7. Arranjo Geral das Obras.....	221
4.5.8. Maciço.....	222
4.5.8.1. Alternativas de seção tipo .....	222
4.5.8.2. Seção escolhida.....	223
4.5.9. Sangradouro.....	225
4.5.10. Tomada D'água .....	226
4.5.11. Características Técnicas da Alternativa Escolhida .....	226
4.5.12. Quantitativos e Custos.....	228
<b>4.6. Açude Frecheirinha .....</b>	<b>234</b>
4.6.1. Generalidades .....	234
4.6.2. Localização e Acesso .....	235
4.6.3. Geologia Regional e Local .....	235
4.6.4. Estudos Geotécnicos.....	237
4.6.4.1. Investigações de Subsuperfície .....	237
4.6.4.2. Materiais de Empréstimos.....	239
4.6.5. Estudos Topográficos .....	240
4.6.6. Estudo Hidrológicos .....	241
4.6.7. Arranjo Geral das Obras.....	244
4.6.8. Maciço.....	245
4.6.9. Sangradouro.....	247



4.6.10. Tomada d'água .....	248
4.6.11. Características Técnicas das Obras.....	248
4.6.12. Quantitativos e Custos.....	251
<b>4.7. Outros Açudes Estudados .....</b>	<b>254</b>
4.7.1. Açude Ibuguaçu.....	254
4.7.1.1. Localização e Acesso .....	254
4.7.1.2. Estudos Geotécnicos .....	255
4.7.1.3. Estudos Topográficos.....	256
4.7.1.4. Observações gerais sobre o açude.....	257
4.7.2. Açude Jurema .....	258
4.7.2.1. Localização e Acesso .....	258
4.7.2.2. Estudos Geotécnicos .....	258
4.7.2.3. Estudos Topográficos.....	260
4.7.2.4. Observações gerais sobre o açude.....	261
4.7.3. Açude Cajueirinho.....	262
4.7.3.1. Localização e Acesso .....	262
4.7.3.2. Estudos Geotécnicos .....	263
4.7.3.3. Estudos Topográficos.....	264
4.7.3.4. Observações gerais sobre o açude.....	266
4.7.4. Açude Inhanduba.....	267
4.7.5. Açude Litoral.....	268
<b>5. ANTEPROJETO E CUSTO DAS OBRAS DE ADUÇÃO, GERAÇÃO DE ENERGIA E DEMAIS ESTRUTURAS DO EIXO DE INTEGRAÇÃO.....</b>	<b>270</b>
5.1. Adutora do Açude Jaburu I.....	273
5.1.1. Condicionantes de Projeto.....	273
5.1.2. Memória de Cálculo e Estimativas de Custo.....	277
5.2. Anteprojeto das Obras do Canal Norte .....	280
5.2.1. Considerações Iniciais e Descrição Geral do Sistema .....	280
5.2.2. Memorial de Cálculo .....	284
5.2.2.1. Estação de Bombeamento EB-1 .....	284
5.2.2.2. Adutora Dupla de Aço Carbono DN 2200 mm da EB-1.....	287
5.2.2.3. Canal Norte .....	288
5.2.3. Custos das Obras do Canal Norte .....	291
5.2.3.1. Custo do Canal Norte para a Alternativa 1.....	292
5.2.3.2. Custo do Canal Norte para a Alternativa 2.....	294
5.3. Canal Poti Sul.....	296
5.3.1. Considerações iniciais e descrição geral do sistema.....	296

5.3.2. Memorial de cálculo e estimativas de custo das obras .....	300
5.3.2.1. Estação de Bombeamento EB-1 (Captação Flutuante).....	301
5.3.2.2. Adutora Dupla de Aço Carbono DN 2200 mm da EB-1 .....	305
5.3.2.3. Canal de Aproximação da EB-2.....	312
5.3.2.4. Estação de Bombeamento EB-2.....	316
5.3.2.5. Adutora Dupla DN 2200 mm da EB-2.....	316
5.3.2.6. Estação de Bombeamento EB-3 e Adutora em Aço DN 1600 mm.....	317
5.3.2.7. Canal Principal e Canal Secundário do Sistema Poti Sul.....	318
5.3.2.8. Estimativas de Custos .....	322
5.4. Adutoras de Ararendá – Ipaporanga – Ipueiras e Nova Russas.....	333
5.4.1. Generalidades e Condicionantes de Projeto .....	333
5.4.2. Descrição da Adutora Anteprojeta.....	334
5.4.3. Memorial de Cálculo do Pré-dimensionamento .....	337
5.4.3.1. Trecho Ararendá – Ipaporanga.....	337
5.4.3.2. Trecho Derivação de Livramento a Ararendá .....	338
5.4.3.3. Trecho da Bifurcação para a Derivação de Livramento .....	338
5.4.3.4. Trecho Eng° João Thomé a Nova Russas .....	339
5.4.3.5. Trecho Ipueiras a Eng° João Thomé .....	339
5.4.3.6. Trecho Bifurcação a Ipueiras .....	340
5.4.3.7. Trecho da Caixa de Transição do Túnel até a Bifurcação.....	340
5.4.3.8. Cotas Piezométricas Resultantes.....	341
5.5. Usina Hidrelétrica de Ipueiras.....	343
5.5.1. Generalidades e Condicionantes de Projeto .....	343
5.5.2. Memorial de Cálculo das Unidades.....	346
5.5.2.1. Pré-dimensionamento do Túnel .....	346
5.5.2.2. Pré-dimensionamento do Penstock .....	347
5.5.2.3. Pré-dimensionamento da Turbina .....	348
5.6. Custo das Demais Obras de Atendimento às Demandas nas Bacias Estudadas .....	352
5.6.1. Estimativa de Custos do Sistema de Adução e Distribuição dos Açudes Paula Pessoa e Frecheirinha para respectivas Demandas .....	352
5.6.2. Adutora de Nova Russas - Alternativa 2 .....	352
5.6.3. Demais obras das Alternativas Localizadas.....	353
<b>6. ANÁLISE AMBIENTAL E SOCIAL DAS ALTERNATIVAS.....</b>	<b>355</b>
6.1. Generalidades.....	356
6.2. Metodologia Adotada .....	357
6.3. Avaliação Ambiental.....	371

6.3.1. Matriz de Avaliação e Descrição dos Impactos Ambientais.....	371
6.3.2. Impactos Negativos sobre Áreas de Preservação Ambiental.....	371
6.3.3. Proliferação de Doenças de Veiculação Hídrica.....	371
6.3.4. Incremento a Poluição Hídrica .....	373
6.3.5. Possibilidade de Salinização dos Reservatórios .....	374
6.3.6. Efeitos Negativos Sobre a Flora e a Fauna .....	374
6.3.7. Impactos Hidromorfológicos.....	375
6.4. Avaliação Social.....	376
6.4.1. Matriz de Avaliação e Descrição dos Impactos Sociais .....	376
6.4.2. Necessidade de Reassentamento da População .....	376
6.4.3. Desenvolvimento Hidroagrícola/Recursos Edáficos Locais.....	377
6.4.4. Submersão de Solos Agricultáveis .....	378
6.4.5. Crise Atual no Abastecimento.....	379
6.4.6. Número de Pessoas Beneficiadas .....	379
6.4.7. Nível de Desapropriação .....	379
6.5. Conclusões e Recomendações .....	380
<b>7. ANÁLISE ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS.....</b>	<b>382</b>
7.1. Metodologia.....	383
7.2. Custos .....	384
7.3. Benefícios.....	388
7.4. Resultados da Análise Econômica das Alternativas .....	392
<b>8. SELEÇÃO DA MELHOR ALTERNATIVA .....</b>	<b>405</b>
8.1. Introdução .....	406
8.2. Metodologia Adotada para Escolha da Alternativa .....	406
8.3. Descrição dos Critérios Adotados.....	407
8.3.1. Critérios Para o Aspecto Técnico .....	407
8.3.1.1. Volume Incremental Proporcionado por Cada Alternativa .....	407
8.3.1.2. Nível de Distribuição Equitativa das Vazões Incrementais nas Três Bacias.....	408
8.3.1.3. Complexidade da Operação e Manutenção .....	409
8.3.1.4. Capacidade de Pronto Atendimento .....	410
8.3.1.5. Irrigação de Áreas Potenciais que já Têm Algum Tipo de Estudo.....	411
8.3.2 Critérios Para o Aspecto Ambiental .....	412
8.3.3. Critérios Para o Aspecto Econômico-Financeiro.....	412
8.3.3.1. Valor Presente Líquido (VPL) .....	412



8.3.3.2. Investimento Inicial.....	412
8.3.3.3. Risco de Falha na Geração dos Benefícios de Irrigação .....	412
8.3.4. Critérios Para o Aspecto Social .....	413
8.3.5. Critérios Para o Aspecto Institucional .....	414
8.3.5.1. Políticas Específicas do Governo.....	414
8.3.5.2. Organização Local .....	414
<b>8.4. Resultados da Escolha da Alternativa .....</b>	<b>414</b>
8.4.1. Resultados para o Aspecto Técnico.....	414
8.4.1.1. Volume Incremental Proporcionado por Cada Alternativa .....	414
8.4.1.2. Nível de Distribuição Equitativa das Vazões Incrementais nas Três Bacias.....	415
8.4.1.3. Complexidade da Operação e Manutenção .....	416
8.4.1.4. Capacidade de Pronto Atendimento .....	417
8.4.1.5. Irrigação de Áreas Potenciais que já Têm Algum Tipo de Estudo.....	420
8.4.2. Resultados para o Aspecto Ambiental.....	421
8.4.3. Resultados para o Aspecto Econômico-Financeiro .....	422
8.4.3.1. Valor Presente Líquido (VPL) .....	422
8.4.3.2. Investimento Inicial.....	422
8.4.3.3. Risco de Falha na Geração dos Benefícios de Irrigação .....	422
8.4.4. Resultados para o Aspecto Social.....	423
8.4.5. Resultados para o Aspecto Institucional.....	423
8.4.5.1. Políticas Específicas do Governo.....	423
8.4.5.2. Organização Local .....	423
8.5. Análise de sensibilidade da matriz de decisão.....	424
8.6. Alternativa Escolhida .....	431
<b>9. BALANÇO HÍDRICO DA ALTERNATIVA SELECIONADA.....</b>	<b>436</b>
9.1. Introdução .....	437
9.2. Balanço hídrico da alternativa selecionada .....	438
9.2.1 Balanço Hídrico para o Horizonte de Projeto 2005.....	439
9.2.2 Balanço Hídrico para o Horizonte de Projeto 2010.....	440
9.2.3 Balanço Hídrico para o Horizonte de Projeto 2020.....	442
9.2.4 Balanço Hídrico para o Horizonte de Projeto 2030.....	443
9.3. Cronograma de Implantação das Obras da Alternativa 3.....	445
<b>10. AVALIAÇÃO ECONÔMICO-FINANCEIRA.....</b>	<b>446</b>
10.1. Introdução .....	447
10.2. Avaliação Financeira .....	454

10.2.1. Projeção da População Alvo.....	454
10.2.2. Projeções De Demanda.....	455
10.2.2.1. Situação Sem Projeto .....	455
10.2.2.2. Situação Com Projeto .....	465
10.2.3. Projeções de Oferta.....	479
10.2.3.1. Situação Sem Projeto .....	479
10.2.3.2. Situação Com Projeto.....	479
10.2.4. Investimentos.....	479
10.2.5. Despesas Operacionais .....	479
10.2.6. Tarifas Médias .....	490
10.2.7. Receitas .....	490
10.2.7.1. Situação Sem Projeto .....	490
10.2.7.2. Situação Com Projeto.....	490
10.2.8. Fluxos de Receitas, Custos e Resultados da Avaliação Financeira .....	493
10.2.9. Custo Marginal de Longo Prazo .....	493
10.2.10. Impacto Fiscal .....	497
<i>10.3. Avaliação Econômica .....</i>	<i>500</i>
10.3.1. Critérios Utilizados.....	501
10.3.1.1. Conversão a Preços de Eficiência .....	501
10.3.1.2. Taxa de Desconto Social e Horizonte de Planejamento .....	501
10.3.1.3. Identificação dos Consumidores .....	502
10.3.1.4. Elasticidade-preço da Demanda .....	502
10.3.1.5. Custo Alternativo da Água.....	504
10.3.2. Resultados da Avaliação Econômica.....	505
<b>ANEXO A – ESTIMATIVA DE CUSTOS DE CANAIS PARA UMA SEÇÃO QUALQUER.....</b>	<b>507</b>
<b>ANEXO B – DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA NAS BACIAS DO ACARAÚ, COREAÚ E POTI.....</b>	<b>542</b>
<b>ANEXO C – RESULTADOS DO MODELO SIMOP .....</b>	<b>565</b>

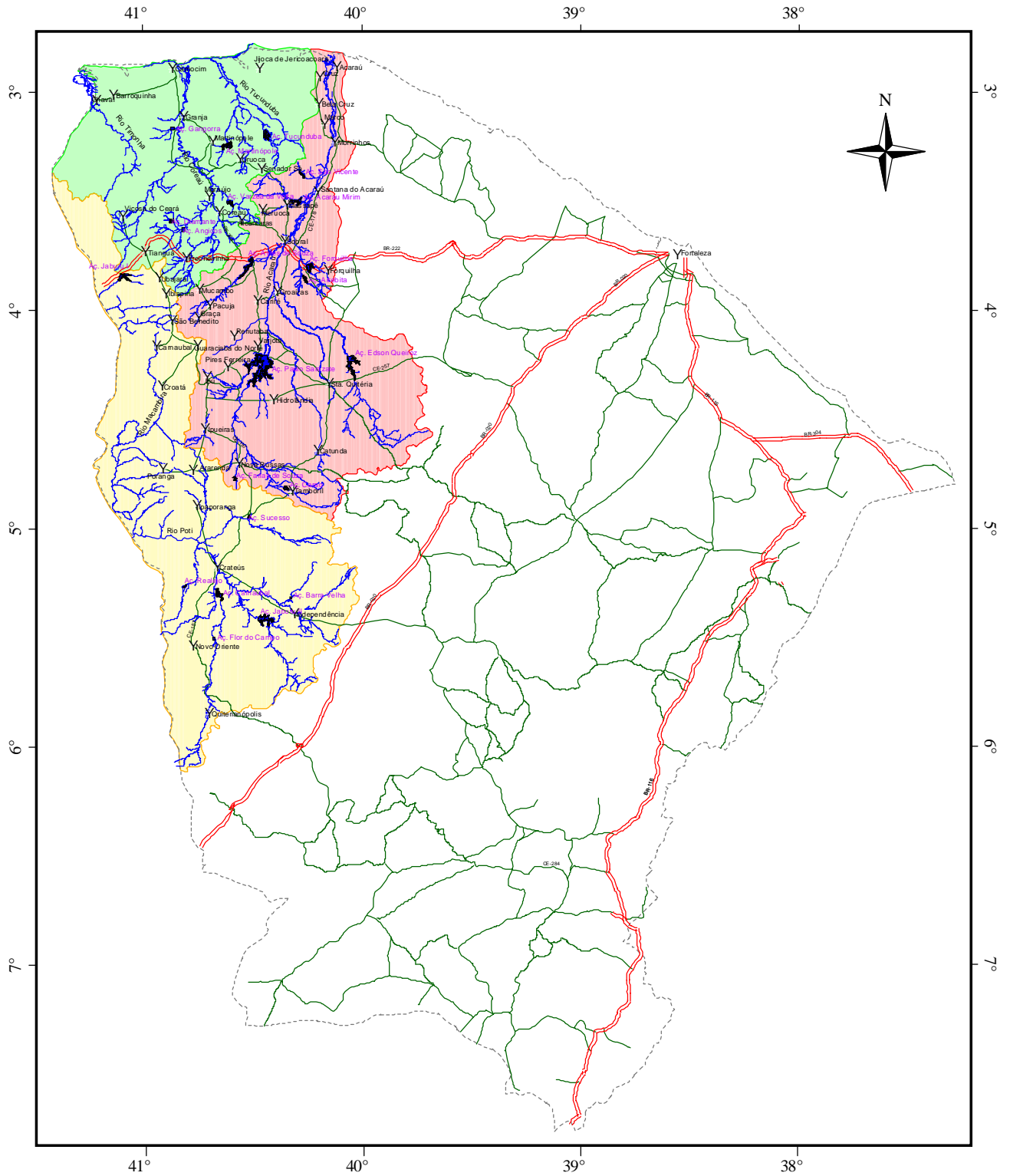


MONTGOMERY WATSON



## MAPA DE LOCALIZAÇÃO

---



- Y Sedes Municipais
- Açudes c/ Cap. > 10 hm<sup>3</sup>
- ▬ Hidrografia
- Estradas
  - ▬ Estradas Estaduais
  - ▬ Estradas Federais
  - ▬ Limite Estadual
- Bacias Hidrográficas
  - Acaraú
  - Coreaú
  - Poti

## Mapa de Localização





MONTGOMERY WATSON



## 1. INTRODUÇÃO

---

## 1. INTRODUÇÃO

O presente Relatório Geral refere-se aos Estudos de Alternativas do Eixo de Integração da Ibiapaba, objeto do Contrato No.18/PROGERIRH/CE/SRH/98-PILOTO, firmado entre a Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará e o Consórcio Montgomery Watson Americas Inc./Engesoft Engenharia e Consultoria S/C Ltda. para conduzir estudos nas bacias fluviais Acaraú, Coreaú e Poti.

A política geral e o objetivo do Estado é promover o uso racional dos recursos hídricos e gerenciar os mesmos de uma maneira integrada e descentralizada.

O Projeto Ibiapaba é uma das atividades empreendidas pelo Estado do Ceará para alcançar os objetivos de aproveitamento hídrico integrado. Este projeto busca soluções para atingir os objetivos do Estado de corrigir o desequilíbrio das necessidades e abastecimentos de água, através do desenvolvimento das áreas de pouca armazenagem onde escoamentos estão disponíveis; desenvolvimento do sistema de adução para transportar água dos reservatórios para cidades, comunidades rurais e outros usuários; e unir bacias fluviais através de transposições de bacias.

O sistema de integração da Ibiapaba, então concebido pelo PROGERIRH, está localizado na região noroeste semi-árida do Estado do Ceará, no Nordeste Brasileiro. Neste sistema, estão compreendidas as Bacias dos Rios Acaraú, Coreaú e Poti, sendo que esta última se estende também ao Estado do Piauí, onde constitui uma parte da Bacia do Parnaíba. O sistema de integração da Ibiapaba é o primeiro sistema complexo deste tipo a ser estudado, sendo que nele se prevê a transferência de águas da Bacia do Rio Poti (Parnaíba) para as Bacias dos Rios Acaraú e Coreaú.

Constitui-se de um estudo bastante abrangente, no qual são considerados todos os aspectos relevantes para que o mesmo tenha sustentabilidade, tais como economia, meio ambiente, aspectos institucionais e, principalmente, a participação da sociedade. Ao longo de todas as fases deste projeto e, especialmente, nas Fases de Balanço Hídrico e Estudos de Alternativas, foram realizadas reuniões nas três bacias envolvendo a sociedade organizada para discussão do projeto em si. As sugestões e reivindicações das comunidades foram analisadas cuidadosamente e ajudaram bastante na definição das obras propostas e das prioridades de implantação.

O presente estudo está dividido nas seguintes etapas de desenvolvimento:

- I – Diagnóstico
- II – Planejamento Regional e Estudo de Demandas
- III – Balanço Hídrico
- IV – Estudos de Alternativas
- V – Análise Institucional

A etapa do Diagnóstico elaborou uma caracterização dos sistemas sócio-econômicos existentes nas bacias estudadas e identificou os recursos hídricos existentes e os dados disponíveis para o estudo.

O Planejamento Regional e Estudo de Demandas procurou identificar os potenciais de desenvolvimento regional por microrregião e realizou projeções de cenários possíveis de acontecer em termos de desenvolvimento regional. Com base nesses cenários foram realizados estudos de demandas, os quais permitiram definir quais demandas seriam estudadas para atendimento nos horizontes de projeto (2000, 2005, 2010, 2020 e 2030).

Os estudos de Balanço Hídrico buscaram confrontar a disponibilidade atual de recursos hídricos com as demandas potenciais nos horizontes programados. Esse balanço permitiu a identificação dos locais críticos em termos de disponibilidade hídrica em cada horizonte de planejamento, tornando possível planejar a infra-estrutura futura para atendimento a esses locais de demanda.

A etapa atual, Fase IV - Estudos de Alternativas, consta de um planejamento detalhado das opções de obras hídricas para atendimento às demandas nos horizontes de planejamento.

São dois os níveis de planejamento elaborados nesta etapa. As alternativas que compõem o Eixo de Integração da Ibiapaba, compostas de canais, adutoras e novos barramentos que integram as bacias do Poti, Acaraú e Coreaú, são estabelecidas, tendo sido realizados estudos localizados de campo, anteprojeto e análise de custo, estudos ambientais e sociais e análise econômica. Em seguida é selecionada a melhor alternativa com base nos critérios técnico, ambiental, econômico, social e institucional, a qual tem sua viabilidade econômico-financeira estabelecida.

As três bacias, no entanto, têm muitos outros problemas localizados de atendimento às demandas nos horizontes planejados. Para atendimento a essas demandas, são estudadas obras pontuais de adutoras e reservatórios a nível de plano, que deverão ter seu detalhamento realizado a posteriori em outros estudos mais detalhados. Essas obras praticamente não possuem alternativas. Seus custos são estimados por curvas de custos e são apresentadas neste relatório no capítulo que trata dos custos das obras.

São os seguintes os capítulos deste Relatório Geral, além desta Introdução:

- 2 – Estabelecimento das Alternativas
- 3 – Balanço Hídrico das Alternativas
- 4 – Anteprojeto e Custo dos Barramentos do Eixo de Integração
- 5 – Anteprojeto e Custo das Obras
- 6 – Análise Ambiental e Social
- 7 – Análise Econômica das Alternativas
- 8 – Seleção da Melhor Alternativa
- 9 – Balanço Hídrico da Alternativa Seleccionada
- 10 – Viabilidade da Alternativa Escolhida

O Volume 1 – Relatório Geral está dividido em dois tomos: Tomo I, que trata dos capítulos 1 a 4; e Tomo II, que trata dos capítulos 5 a 10.

Os demais volumes da Fase IV - Estudos de Alternativas referem-se aos desenhos de anteprojeto das obras do Eixo de Integração e aos Estudos Básicos desenvolvidos para os anteprojetos. Estão divididos da seguinte forma:

**Volume 2 – Anteprojetos das Obras**

**Volume 3 – Estudos Topográficos**

**Volume 4 – Estudos Geotécnicos**

**Volume 5 – Estudos Hidrológicos**

**Volume 6 – Estudos Ambientais**



MONTGOMERY WATSON



## **2. ESTABELECIMENTO DAS ALTERNATIVAS**

---

## 2. ESTABELECIMENTO DAS ALTERNATIVAS

As alternativas para o atendimento às demandas nas bacias dos rios Poti, Acaraú e Coreaú foram, para efeito de melhor discussão das mesmas, separadas em dois tipos:

- Alternativas do Eixo de Integração da Ibiapaba, nas quais constam as transposições interbacias e o atendimento às maiores demandas;
- Alternativas Localizadas de atendimento às demandas nas três bacias, compostas de soluções singulares de suprimento hídrico. Geralmente essas alternativas estão bem definidas por um barramento e sistema de adução, ou somente de um sistema de adução quando o barramento já é existente.

O objetivo deste capítulo é deixar bem estabelecidas as alternativas estudadas, para que nos capítulos posteriores possam ser compreendidas as análises realizadas para a escolha do melhor conjunto de alternativas de atendimento às demandas das 3 bacias. Tais análises levaram em consideração os aspectos técnico, ambiental, econômico, social e institucional.

### 2.1. IDENTIFICAÇÃO DOS DÉFICITS HÍDRICOS

Na Fase III – Balanço Hídrico, foram comparadas as disponibilidades atuais com as demandas para os horizontes de 2000 (atual), 2005, 2010, 2020 e 2030. Do balanço resultaram mapas e tabelas identificando as regiões com falha no atendimento às demandas, ou que não possuem sistema implantado para suprimento das mesmas.

O balanço hídrico foi realizado, a nível mensal, para seis sistemas de reservatórios (um na bacia do rio Acaraú, três na do Coreaú e dois na do Poti) que possuem ao todo 24 reservatórios pertencentes à rede de grande açudagem, incluso aqui o açude Colinas em Quiterianópolis. A situação hidrológica foi simulada de acordo com a infra-estrutura atual, para o atendimento às demandas dos anos 2.000, 2.005, 2.010, 2.020 e 2.030, para as hipóteses de crescimento econômico A, B e C.

Os resultados do balanço hídrico são analisados aqui em termos do nível de garantia mensal, ou seja, é calculado em função do número de meses em que houve falha no atendimento de determinada demanda em relação ao número de meses total do período de 1912-1997. O nível de garantia mensal, ou nível de atendimento à demanda, é dado pela seguinte equação:

$$G_M = \left( 1 - \frac{n_M}{N_M} \right) \times 100$$

sendo  $G_M$  a garantia mensal em porcentagem,  $n_M$  o número de meses em que determinada demanda deixou de ser atendida;  $N_M$  o número total de meses simulados, neste caso, 1032 meses.

Constatou-se nos estudos da Fase III que as três hipóteses A, B e C de projeções populacionais não diferem entre si o bastante para refletir diferenças significativas nos resultados do balanço hídrico. Os resultados para as três hipóteses de crescimento são bastante semelhantes. Sendo assim, decidiu-se por apresentar neste relatório os resultados do balanço hídrico referentes à hipótese de crescimento C, a qual é a selecionada para o desenvolvimento dos estudos de alternativas. Os mapas das Figuras 2.1.1 a 2.1.5 mostram os municípios das bacias estudadas e o nível de atendimento às projeções de demandas humana, industrial, de turismo e animal para cada horizonte de planejamento, com a infra-estrutura hídrica atual.

Os resultados do balanço hídrico são apresentados em função dos níveis de atendimento para cada demanda para 6 classes distintas, quais sejam:

- **0%:** representa o nível de atendimento das demandas que não possuem como fonte hídrica de água bruta qualquer reservatório da rede de grande açudagem, ou seja, aqueles com capacidade acima de 10 hm<sup>3</sup>. Encontram-se aqui aquelas demandas que estão em **situação mais crítica de déficit hídrico**, cujas alternativas de solução devem basear-se no investimento em novas infra-estruturas;
- **0 - 30%:** nível de atendimento **bastante crítico**, representando as demandas cujas fontes hídricas da grande açudagem são capazes de atendê-la satisfatoriamente em menos de 30% do tempo. As alternativas de solução para o déficit hídrico devem pautar-se na ampliação da infra-estrutura existente ou na implantação de novas obras;
- **30 - 50%:** nível de atendimento **crítico**, representando as demandas cujas fontes hídricas da grande açudagem são capazes de atendê-la satisfatoriamente somente entre 30 e 50% do tempo. As alternativas de solução para o déficit hídrico devem

pautar-se na ampliação da infra-estrutura existente ou na implantação de novas obras;

- **50 - 75%:** nível de atendimento **deficiente**, representando as demandas cujas fontes hídricas da grande açudagem são capazes de atendê-la satisfatoriamente somente entre 50 e 75% do tempo. As alternativas de solução para o déficit hídrico devem pautar-se também na ampliação da infra-estrutura existente ou na implantação de novas obras;
- **75 - 90%:** nível de atendimento **insatisfatório**, representando as demandas cujas fontes hídricas da grande açudagem são capazes de atendê-la satisfatoriamente entre 75 e 90% do tempo. As alternativas de solução para o déficit hídrico devem pautar-se também na ampliação da infra-estrutura existente ou na implantação de novas obras. Para aquelas demandas cujos níveis de atendimento ficam entre 85 e 90%, há a possibilidade de medidas não-estruturais, como por exemplo, uma melhor operação do reservatório, propiciarem maiores garantias no atendimento às demandas;
- **90 - 100%:** nível de atendimento **satisfatório**, representando as demandas cujas fontes hídricas da grande açudagem são capazes de atendê-las satisfatoriamente entre 90 e 100% do tempo. Tais demandas não necessitam de novas obras de infra-estrutura hídrica, pois se encontram em situação bastante confortável. Esclarece-se aqui que o motivo de se ter considerado o limite mínimo de 90% como satisfatório para o atendimento às demandas humana, industrial, de turismo e animal, deve-se às particularidades do modelo utilizado para as simulações (HEC-3) e da série de vazões simuladas, senão vejamos: como o HEC-3 não permite o estabelecimento de prioridades no atendimento aos diferentes tipos de demandas, teve-se que trabalhar com o atendimento simultâneo das demandas municipais e de irrigação. No entanto, sabe-se que as primeiras são prioritárias e, comparando-se seus valores de consumo com os da demanda de irrigação, constata-se que aqueles são imensamente inferiores, sendo, portanto, as falhas nas demandas municipais, facilmente atendidas quando priorizadas em relação às demandas de irrigação. Além disso, levando-se em consideração também a série de vazões afluentes aos reservatórios para o período de 1912-1997, percebe-se que a maioria dos reservatórios não atendem suas demandas satisfatoriamente nos anos 1943 a 1945 e 1954 a 1956. Estes dois períodos representam uma sequência de anos muito secos, em que





MONTGOMERY WATSON



somente reservatórios como o Paulo Sarasate, ou aqueles que não têm sua oferta explorada em toda a potencialidade, conseguem ultrapassar sem maiores problemas. Os 6 (seis) anos de seca ocorridos nestes dois períodos representam uma falha em torno de 7% na pior das hipóteses, dentro do universo estudado, o que dá um nível de atendimento em torno de 93%. Períodos críticos como estes, exigem soluções do tipo gerenciais e não de aumento da infra-estrutura. Sendo assim, considerou-se neste trabalho as demandas municipais que apresentaram nível de atendimento acima de 90% como demandas sem problemas de déficits hídricos.

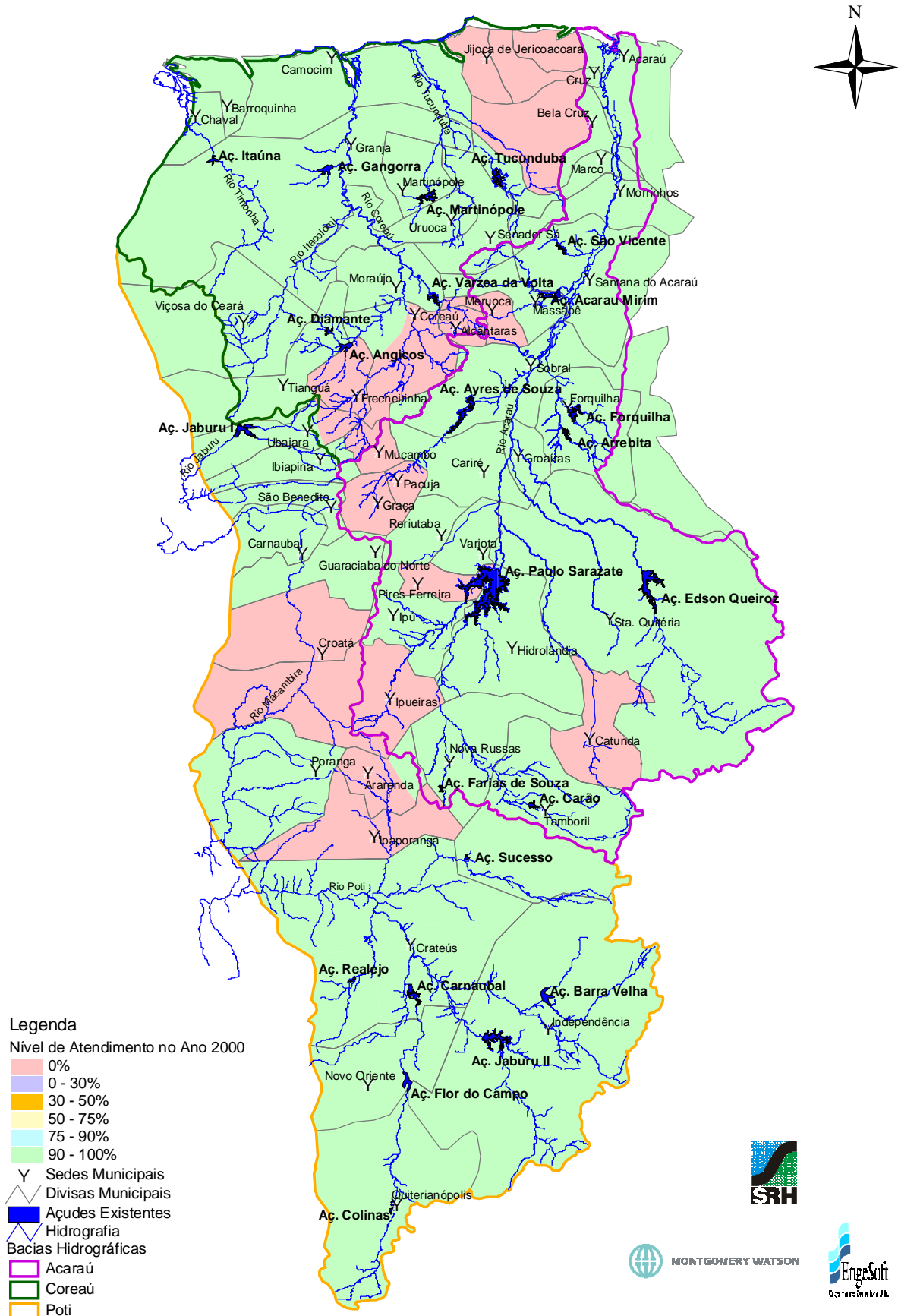


Figura 2.1.1: Nível de Atendimento das Demandas Humanas, Industrial e Animal dos Municípios das Bacias do Acaraú, Coreaú e Poti para o Ano 2.000, com a Infra-estrutura Hídrica Existente

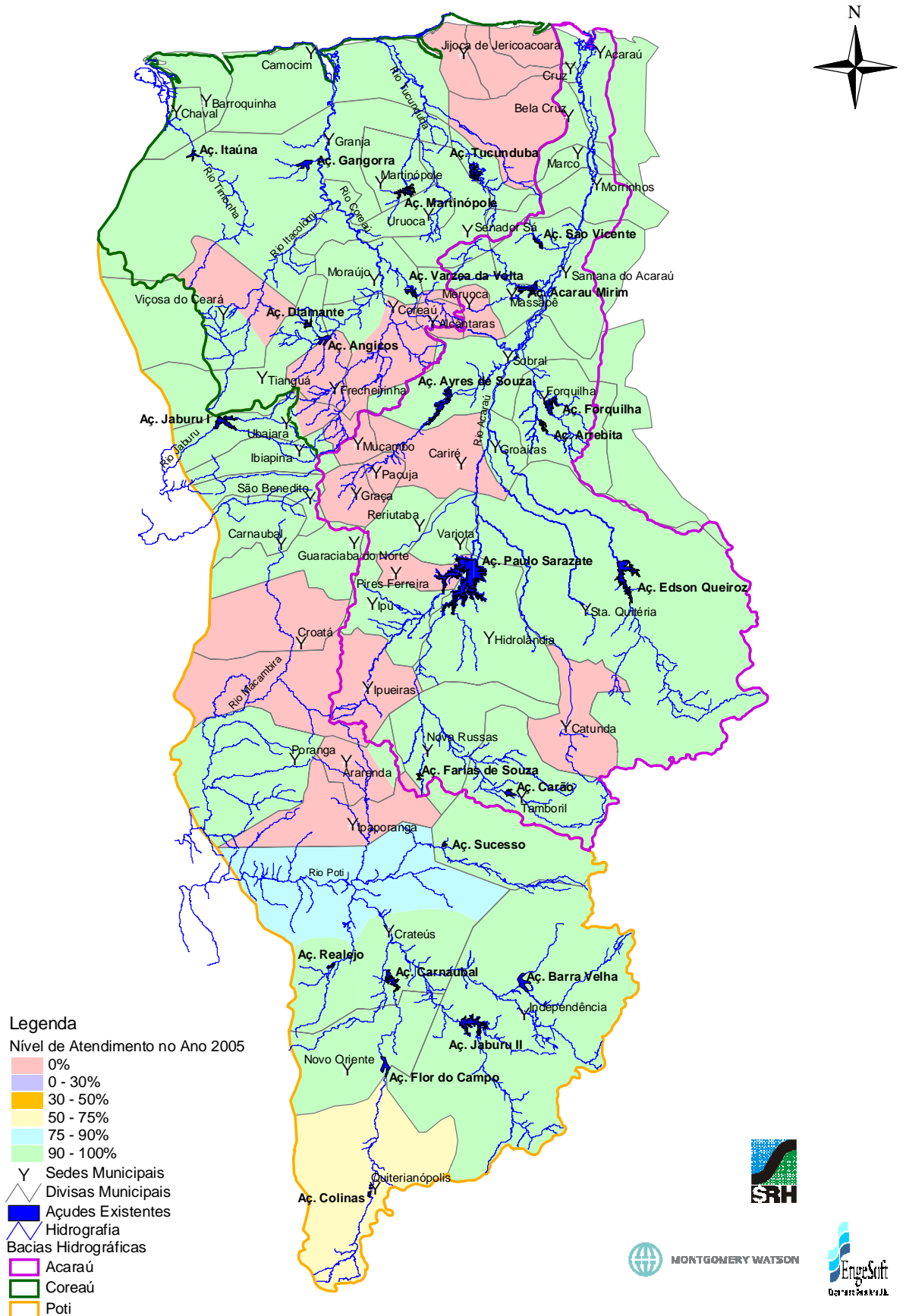


Figura 2.1.2: Nível de Atendimento das Demandas Humanas, Industrial e Animal dos Municípios das Bacias do Acaraú, Coreaú e Poti para o Ano 2.005, com a Infra-estrutura Hídrica Existente

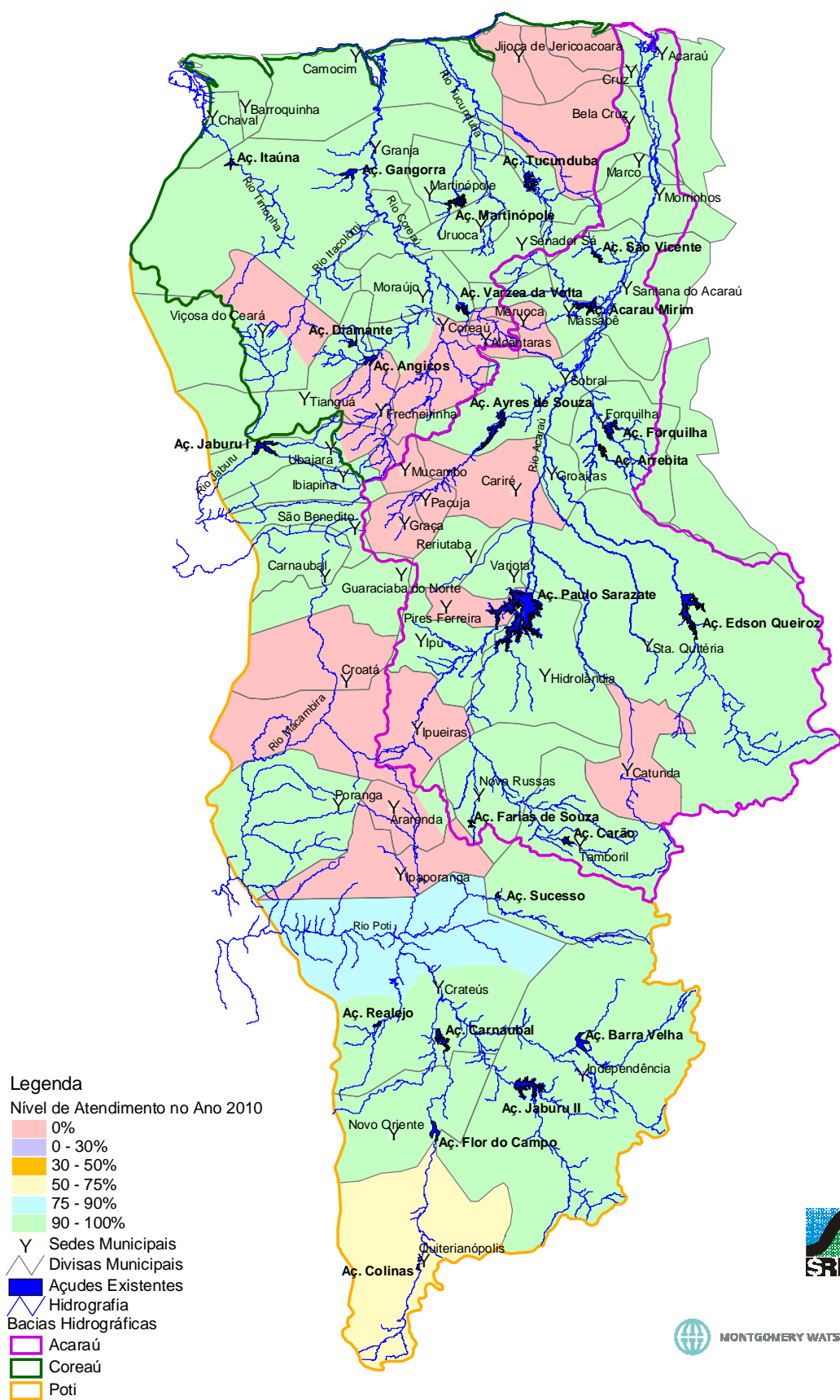


Figura 2.1.3: Nível de Atendimento das Demandas Humanas, Industrial e Animal dos Municípios das Bacias do Acaraú, Coreaú e Poti para o Ano 2.010, com a Infra-estrutura Hídrica Existente

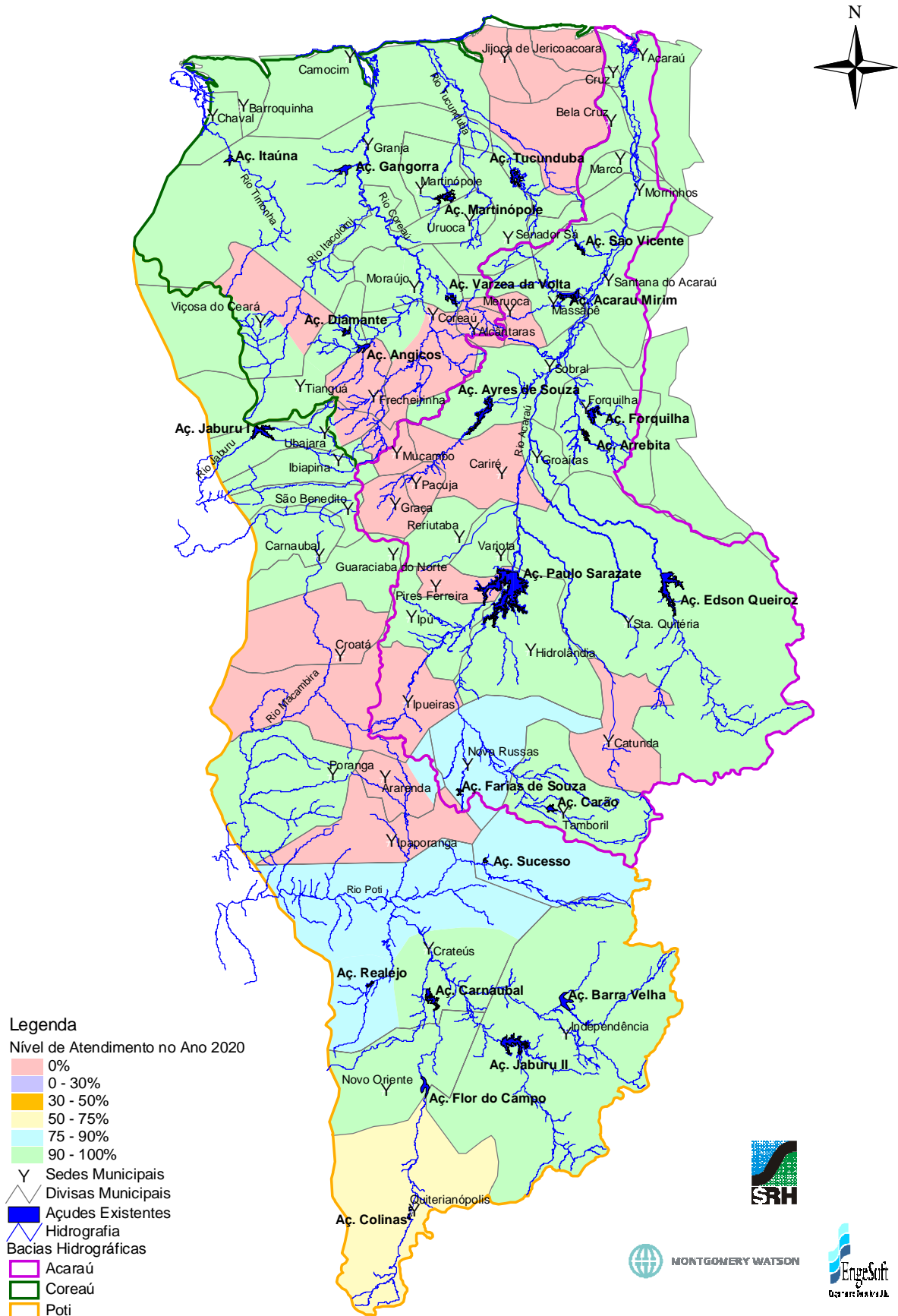


Figura 2.1.4: Nível de Atendimento das Demandas Humanas, Industrial e Animal dos Municípios das Bacias do Acaraú, Coreaú e Poti para o Ano 2020, com a Infra-estrutura Hídrica Existente

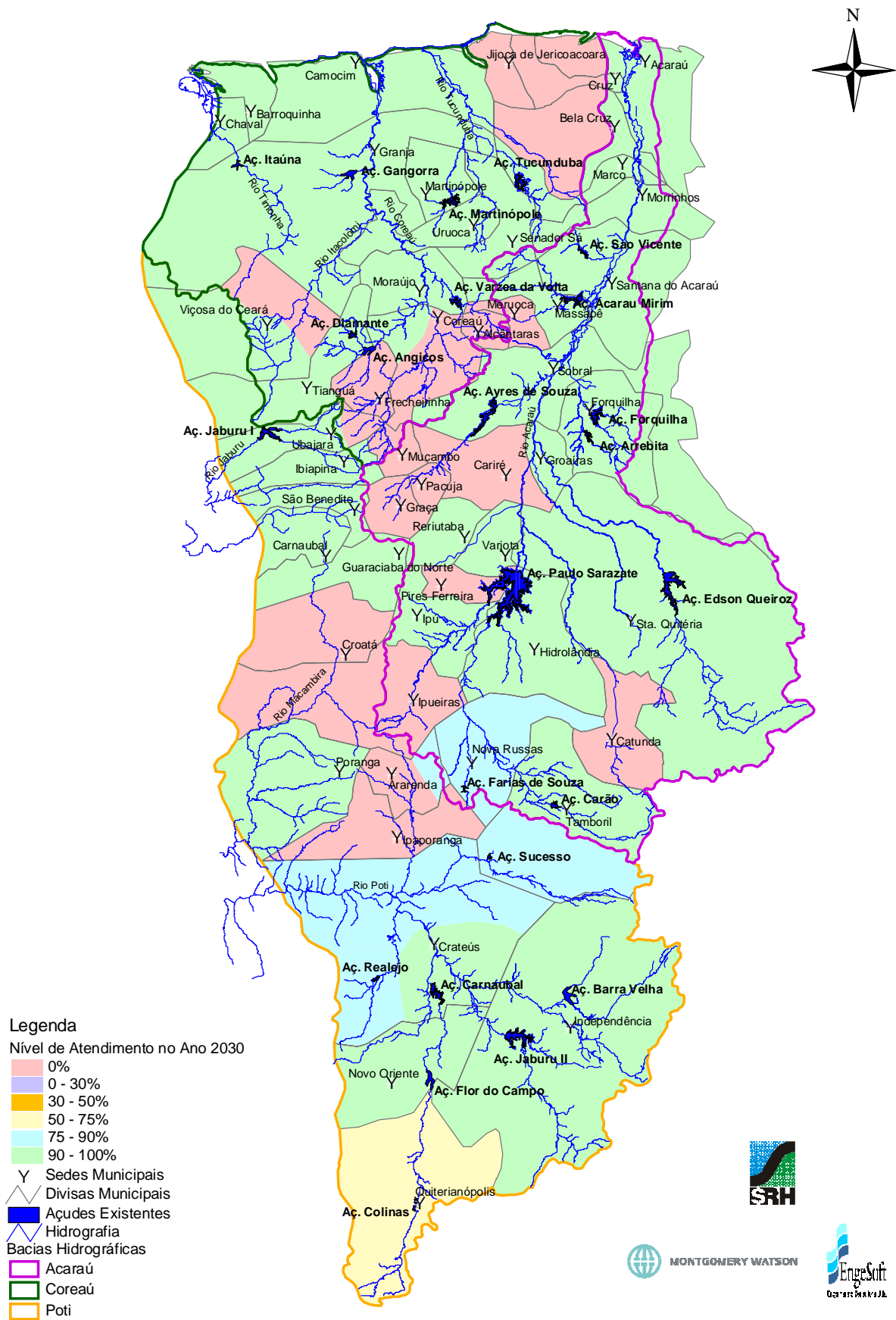


Figura 2.1.5: Nível de Atendimento das Demandas Humanas, Industrial e Animal dos Municípios das Bacias do Acaraú, Coreaú e Poti para o Ano 2.030, com a Infra-estrutura Hídrica Existente

Nota-se pelas figuras 2.1.1 a 2.1.5 que, dentre os municípios abastecidos pela rede de grande açudagem, os que apresentam níveis de atendimento abaixo do desejável para estas demandas são:

- Quiterianópolis: atendida pelo açude Colinas, os níveis de atendimento já são deficientes em 2005, em torno de 66%, chegando a 54% em 2030. Este município situa-se no extremo sul da bacia do Poti, não possuindo outra fonte segura alternativa ao açude Colinas;
- Distrito de Sucesso e parte da região rural do município de Tamboril: esta região localiza-se na porção norte-nordeste da bacia do Poti, próxima ao divisor de águas com a bacia do Acaraú. Tem como fonte hídrica o reservatório Sucesso, localizado no distrito de mesmo nome, com capacidade de 10 hm<sup>3</sup>. Já em 2005, o nível de atendimento é em torno de 93% decaindo a 87% em 2030;
- 40 % da porção rural do município de Crateús: esta região localiza-se na porção norte-noroeste da bacia do rio Poti, próxima a divisa com a bacia do Acaraú e do exutório do rio Poti no Estado do Ceará. As principais fontes hídricas desta região são os efluentes dos açudes Sucesso e Carnaubal. Os níveis de atendimento já são insatisfatórios a partir de 2005, em torno de 83%, chegando a 77% em 2030;
- 20% da porção rural do município de Crateús: nesta região a principal fonte hídrica é o açude Realejo. A região, atualmente, já se encontra com problemas sérios de déficits hídricos, principalmente com relação ao suprimento do Projeto Realejo. Os níveis de atendimento para as demandas difusas ficam abaixo de 90%;
- Nova Russas: o município de Nova Russas na bacia do Acaraú tem como principal fonte hídrica o açude Farias de Souza, localizado próximo ao divisor de águas com a bacia do Poti. Este açude apresenta baixo rendimento hidrológico, não atendendo satisfatoriamente as demandas atuais, segundo informações locais. O nível de atendimento decai progressivamente até 2030, no qual alcança valores de 82%.

Além das demandas analisadas anteriormente, encontram-se deficitárias e em situação bem mais crítica do que aquelas, as demandas que não são abastecidas pela rede de grande açudagem. São elas:

Bacia Hidrográfica	Município
<b>Acaraú</b>	Catunda
	Graça
	Ipueiras
	Meruoca
	Mucambo
	Pacujá
	Pires Ferreira
<b>Coreaú</b>	Alcântaras
	Frecheirinha
	Jijoca de Jericoacoara
	Parte da Demanda Difusa de: Acaraú, Bela Cruz, Coreaú, Cruz, Ubajara e Viçosa do Ceará
<b>Poti</b>	Ararendá
	Croatá
	Ipaporanga

Estas demandas são as que se encontram em situação crítica de abastecimento atual e, portanto, precisam de solução imediata. Algumas delas, devido a condições topográficas, como Alcântaras e Meruoca, deverão continuar a buscar soluções mais localizadas, enquanto que outras, como Jijoca de Jericoacoara, deve-se buscar soluções nos recursos superficiais e subterrâneos da região litorânea. Maiores detalhes sobre as soluções propostas para cada demanda foram descritos no item 2.5 deste capítulo.

Acrescenta-se ainda que o município de Poranga, localizado na bacia do Poti, apesar de não ser suprido pela rede de grande açudagem, apresenta-se como uma região não deficitária devido às ótimas condições locais de exploração da água subterrânea oriunda da serra da Ibiapaba.

Com relação ao atendimento das demandas de irrigação, dentre as áreas implantadas e que apresentam déficits tem-se os Perímetros de Irrigação Realejo e Forquilha. O primeiro é abastecido pelo açude de mesmo nome, apresentando elevados déficits já nos dias atuais. O nível de atendimento no ano 2000 é de somente 79%. O projeto Forquilha, também abastecido pelo açude de mesmo nome, apresenta níveis de atendimento da mesma ordem do projeto Realejo. Os resultados do balanço hídrico para as áreas de irrigação existentes supridas pela infra-estrutura atual estão apresentados sinteticamente no quadro 2.1.1.



**Quadro 2.1.1: Níveis de Garantia para as demandas de irrigação existentes nas bacias do Acaraú, Coreaú e Poti**

Bacia Hidrográfica	Fonte Hídrica	DEMANDA	Garantia(%)				
			ANO 2000	ANO 2005	ANO 2010	ANO 2020	ANO 2030
ACARAÚ	Carão	Proj. Carão	100	99	99	98	97
	Paulo Sarasate	Proj. Araras Norte	100	100	100	100	100
	Forquilha	Proj. Forquilha	97	79	79	78	78
	Ayres de Souza	Proj. Jaibaras	99	99	98	96	96
	Médio e Baixo Vales do Acaraú	Área Privada Sobral	100	100	100	100	100
		Proj. Baixo Acaraú	100	100	100	98	92
COREAÚ	Tucunduba	Proj. Tucunduba	100	100	100	100	100
		Área Privada Tucunduba	100	100	100	100	100
POTI	Carnaubal	Proj. Graça	97	97	97	97	97
		Área Privada Jaburu II	98	98	98	98	97
	Jaburu II	Proj. Jaburu II	98	97	97	97	97
		Proj. Realejo	79	77	77	77	76
	Jaburu I	Proj. Jaburu I	100	99	99	98	97
		Proj. Val Paraíso	100	99	99	98	97
Área Privada Jaburu I		100	100	100	100	100	

Nesta fase do projeto, busca-se suprir tanto os déficits das áreas de irrigação existentes como também proporcionar a implantação de novas áreas para o desenvolvimento da agricultura irrigada na região. O mapa da Figura 2.1.6 apresenta as demandas futuras de irrigação identificadas pelo estudo, representadas pelas manchas de solo com potencial de serem irrigadas, e as áreas irrigadas já implantadas.

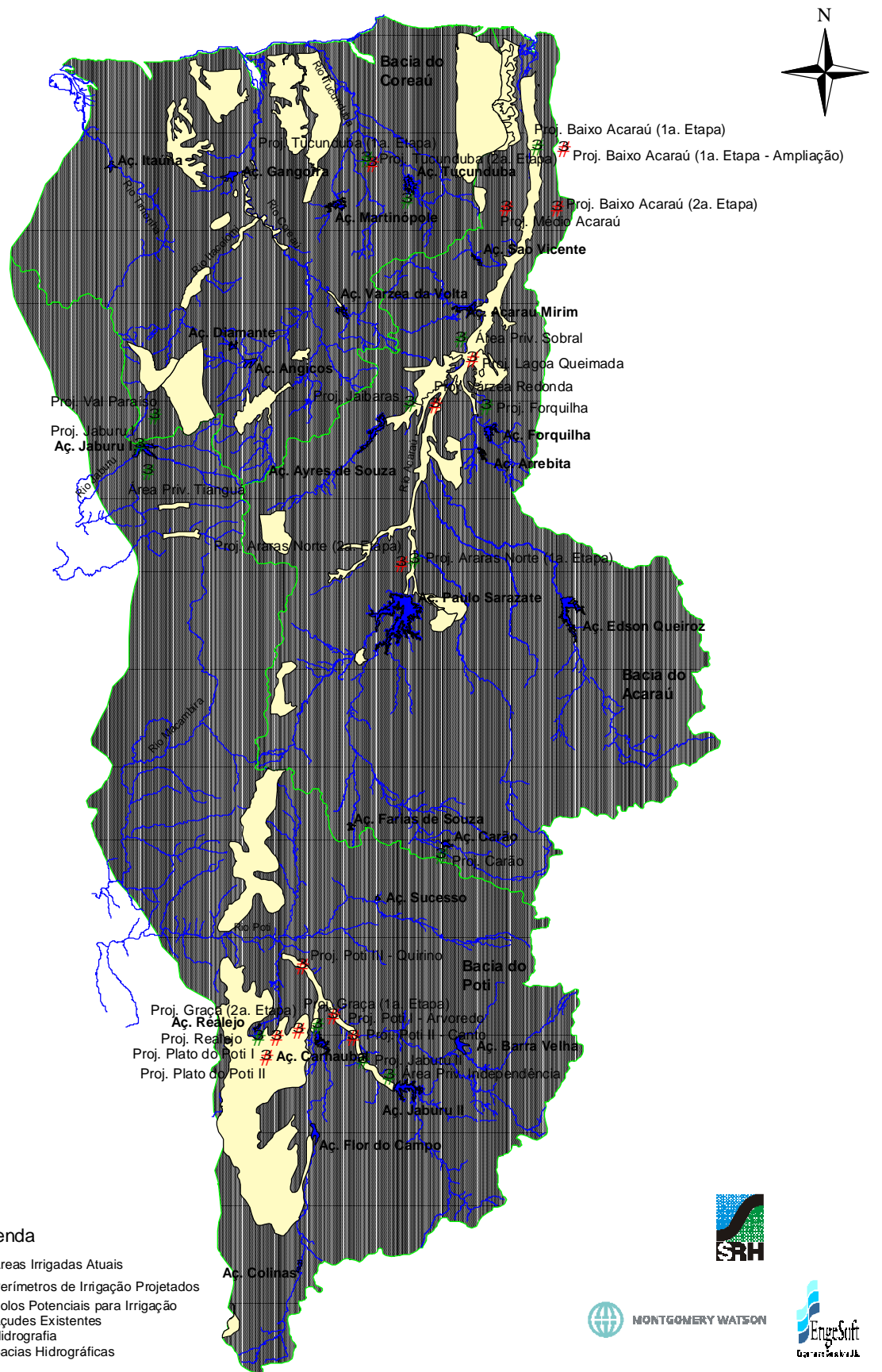


Figura 2.1.6: Manchas de Solos Potenciais para Irrigação e Áreas Irrigadas Atuais nas Bacias do Acaraú, Coreaú e Poti

As regiões dos mapas com baixo nível de atendimento às demandas ( $G_M < 90\%$ ) somadas às áreas potenciais de irrigação formam o conjunto de demandas a serem atendidas pelas alternativas propostas neste estudo. Foi para essas demandas que elaborou-se o planejamento das alternativas apresentadas no item 2.3. No entanto, para a elaboração das alternativas propostas, primeiro procedeu-se ao trabalho de se estudar a nível de reconhecimento todos os boqueirões passíveis de serem barrados localizados nas bacias do Acaraú, Coreaú e Poti. Uma descrição sucinta dos barramentos propostos estudados a nível de reconhecimento neste projeto está apresentada no item 2.2 a seguir.

## **2.2 AÇUDES PROPOSTOS PARA AS BACIAS DO ACARAÚ, COREAÚ E POTI**

As alternativas de atendimento às demandas a partir do Eixo de Integração da Ibiapaba tiveram uma definição baseada na identificação das potencialidades e futuras disponibilidades nas três bacias hidrográficas. Dessa forma, foram identificados inicialmente quais possíveis novos reservatórios poderiam ser construídos nas bacias e que capacidade de regularização teriam essas obras.

Todas as possibilidades de novos barramentos para as três bacias, identificadas em estudos anteriores e neste projeto em cartas 1:100.000 e/ou 1:25.000, foram estudadas a nível de reconhecimento. O quadro 2.2.1 apresenta os boqueirões estudados e suas principais características. A figura 2.2.1 mostra a localização espacial dos reservatórios estudados e em seguida procede-se a uma descrição sucinta de cada barramento.

Quadro 2.2.1 - Possíveis novos barramentos estudados a nível de reconhecimento nas bacias do Acaraú, Coreaú e Poti

Bacia Hidrográfica	Nome do Reservatório	Rio Barrado	Capacidade (hm <sup>3</sup> )	Custo R(\$)
<b>Acaraú</b>	Carmina	Macacos	9,00	2.911.000,00
	Jatobá	Rch. Jatobá	15,00	3.969.000,00
	Pedregulho	Jacurutu	78,60	11.336.000,00*
	Poço Comprido	Macacos	360,00	45.364.000,00*
	Taquara	Jaibaras	278,80	23.000.000,00
<b>Coreaú</b>	Cajueirinho	Rch. Inhanduba	1,50	1.000.000,00
	Frecheirinha	Caiçara	85,00	19.555.040,00
	Ibuguaçu	Ubatuba	40,00	6.500.000,00
	Inhanduba	sem nome	-	-
	Jurema	Jurema	20,00	3.500.000,00
	Litoral	Rch. da Prata	2,10	1.400.000,00
	Paula Pessoa	Itacolomi	167,00	6.448.940,00
<b>Poti</b>	Alto Poti	Poti	20,00	2.500.000,00
	Arabê	Rch. Arabê	7,40	1.900.000,00
	Fronteiras	Poti	950,00	28.066.272,00
	Inhuçu	Inhuçu	325,00	41.496.960,00
	Lontras	Inhuçu	142,00	16.691.920,00
	Pejuaba	Rch. Pejuaba	7,00	1.260.000,00

\* Fonte: Estudo de Viabilidade Técnico Econômico do Baixo Acaraú (DNOCS, 1987). Os valores, originalmente em dólares, não foram corrigidos pela inflação americana dos últimos 13 anos.



O açude Carmina beneficiará o município de Catunda, o qual atualmente não tem nenhuma fonte hídrica segura. Seu projeto executivo já foi contemplado no Programa PROURB – Programa de Desenvolvimento Urbano do Ceará, devendo as obras iniciarem em breve. Sua construção é defendida por este trabalho, uma vez que representa a melhor alternativa para o município de Catunda, o qual se encontra com sérios problemas de déficits hídricos, como foi constatado nos resultados da Fase III – Balanço Hídrico.

O açude Jatobá tem como principal função abastecer a sede municipal de Ipueiras e parte da porção rural deste município. Foi estudado a nível de pré-dimensionamento, como uma alternativa localizada para parte do município de Ipueiras em contraponto a alternativa de se transpor água do aç. Inhuçu através de túnel para a bacia do Acaraú. De acordo com o estudo de hierarquização dos barramentos a serem projetados pelo PROURB, fornece uma vazão regularizada de 0,10 m<sup>3</sup>/s. Sua construção foi descartada por este trabalho por ser uma solução localizada, pois o município de Ipueiras pode ser inteiramente beneficiado, em conjunto com outras demandas, pelas alternativas do eixo de integração da Ibiapaba.

O açude Pedregulho aparece em vários estudos anteriores como uma alternativa de aumento da oferta hídrica para as demandas localizadas no rio Jacurutu e para aquelas localizadas no médio e baixo vales do Acaraú. Apesar deste açude apresentar baixo rendimento hidrológico, sendo um dos reservatórios propostos no Estado do Ceará com maior  $f_E$ , fator adimensional de evaporação, ( $f_E \approx 40$ ), regularizando somente 0,48 m<sup>3</sup>/s para 90% de garantia mensal, para uma capacidade de 78,60 hm<sup>3</sup>, acredita-se que sua construção é justificada pela possibilidade de atender demandas da área rural e irrigação nos aluviões localizadas ao longo do rio Jacurutu nos municípios de Hidrolândia e Santa Quitéria. O custo da obra será em torno de R\$ 11.336.000,00<sup>1</sup> (DNOCS, 1987).

Foi estudado também como reservatório a ser planejado o aç. Poço Comprido, também previsto em outros estudos anteriores da bacia do Acaraú. Este reservatório regulariza 0,74 m<sup>3</sup>/s para 90% de garantia mensal, para uma capacidade de 360,00 hm<sup>3</sup>. Sua construção é justificada pelo atendimento de demandas da área rural e irrigação nos aluviões localizadas ao longo do riacho dos Macacos nos municípios de Santa Quitéria e Hidrolândia. O custo da obra será em torno de R\$ 45.364.000,00<sup>1</sup> (DNOCS, 1987).

---

<sup>1</sup> Fonte: Estudo de Viabilidade Técnico Econômico do Baixo Acaraú (DNOCS, 1987). Os valores, originalmente em dólares, não foram corrigidos pela inflação americana dos últimos 13 anos.

O açude Taquara também já foi citado em vários estudos anteriores e seu projeto executivo está em fase de conclusão. Sua função primordial é o aumento da oferta hídrica para as demandas de irrigação nos médio e baixo vales do Acaraú. Sua construção diminuirá a regularização do açude Ayres de Souza, uma vez que aquele localiza-se a montante deste. No entanto, o sistema como um todo sai ganhando, posto que, de acordo com simulações feitas neste trabalho, na situação atual o Ayres de Souza regulariza 1,50 m<sup>3</sup>/s para uma garantia mensal de 90%, enquanto que adicionando-se o Taquara, este regulariza 2,90 m<sup>3</sup>/s, e o Ayres de Souza passa a regularizar 0,50 m<sup>3</sup>/s, o que representa um ganho no sistema de 1,90 m<sup>3</sup>/s. Vale salientar que o açude Taquara irá beneficiar essencialmente a irrigação no médio e baixo vales do Acaraú, atendendo também à demanda difusa do município de Cariré.

Os açudes Cajueirinho e Inhanduba surgiram como alternativa para o abastecimento do município de Jijoca de Jericoacoara, o qual conta, atualmente, com a exploração da água subterrânea. O primeiro localiza-se no riacho Inhanduba, sendo que já existe um pequeno barramento no local. O boqueirão foi visitado pela equipe do Consórcio, tendo sido estudadas as possibilidades de ampliação da barragem existente e de construção de um novo barramento em boqueirão identificado a 200 m a jusante do existente. A ampliação do atual açude Cajueirinho ou da construção de um novo é inviabilizada devido a aspectos técnicos, como está explicado no capítulo 4 deste volume, e também devido aos impactos negativos sócio-ambientais que as obras poderão causar ao povoado de Cajueirinho, o qual teria parte de sua zona urbana inundada.

Com relação ao barramento que neste trabalho denominou-se de Inhanduba, o boqueirão identificado em cartas 1:100.000 situa-se em riacho sem denominação, escoando em paralelo ao riacho Inhanduba, ao norte do açude Cajueirinho. O local foi visitado pela equipe do Consórcio, tendo sido constatada a ausência de condições topográficas favoráveis para a construção de um barramento. Além disso, o riacho onde está localizado é inexpressivo em termos de vazão, o que torna esta alternativa bastante inviável. Por estas razões, concluiu-se que o local é totalmente inadequado a construção de um reservatório, mesmo de pequeno porte, impossibilitando qualquer estimativa de custo.

A proposta de construção do açude Frecheirinha, no município de mesmo nome não é recente. Já existe um projeto executivo datado de 1987 que foi elaborado pela SIRAC – Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria Ltda, em contrato firmado com o DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Este açude é proposto como alternativa para solucionar os déficits hídricos enfrentados atualmente pela população do município de

Frecheirinha, principalmente pela sede municipal. Além deste benefício, promoveria o suprimento hídrico da mancha de solos potencial para irrigação denominada de Frecheirinha, a qual também já possui um projeto executivo elaborado pelo DNOCS. Sendo assim, o nível de detalhamento das informações existentes para o açude Frecheirinha é bastante satisfatório para este trabalho.

O açude Ibuguaçu proposto no rio Ubatuba, no município de Granja, surgiu como fonte alternativa para o suprimento hídrico da região rural oeste deste município, especialmente para o abastecimento dos distritos de Adrianópolis e Ibuguaçu. Tecnicamente, do ponto de vista geotécnico, o boqueirão apresenta excelentes características, como está apresentado no capítulo 4 deste volume, além de hidrológicamente ser uma região bastante favorável devido às contribuições de deflúvio oriundas das Serras da Ibiapaba e do Arco. No entanto, decidiu-se por não aprofundar-se nos estudos deste açude a nível de anteprojeto devido aos poucos benefícios imediatos que poderia gerar. Isto porque, em visita ao local, constatou-se que os distritos de Adrianópolis e Ibuguaçu são bem abastecidos por adutoras que conduzem água de poços localizados no sopé da Serra da Ibiapaba para estes distritos, e a demanda rural é pouca significativa e dispersa. Apesar de não ter sido priorizado nos estudos, é um boqueirão que deverá ser lembrado em estudos posteriores de planejamento, caso haja maiores demandas na região.

Os açudes Jurema, Litoral e Paula Pessoa, localizados na bacia do Coreau, foram propostos essencialmente para promover o suprimento hídrico de áreas potenciais para irrigação na bacia e futuro desenvolvimento industrial da região litorânea. Dos três propostos, o Paula Pessoa foi o que se mostrou mais atrativo devido aos aspectos técnico-econômicos e ao beneficiamento de parte da população rural dos municípios de Granja e Viçosa do Ceará. Aliás, este reservatório foi um dos mais reivindicados pela população local durante as reuniões ocorridas entre as comunidades da região, o Consórcio e a SRH. Pelo seu baixo custo, pelos benefícios que irá trazer em termos de áreas irrigadas para a região e por ser uma obra bastante reivindicada pela população local, o açude Paula Pessoa demonstra ser uma obra bastante viável.

Com relação ao açude Jurema, este apresenta-se como uma boa alternativa para o aumento da oferta hídrica para exploração de terras para irrigação nos municípios de Granja e Camocim, dentre elas a mancha de solos Parazinho, a qual já foi alvo de estudos anteriores. É um açude viável tecnicamente (ver capítulo 4 deste volume), que pode trazer muitos benefícios para os municípios próximos ao litoral. No entanto, em termos de priorização, perde para o



açude Paula Pessoa na relação custo/benefício e quanto às reivindicações da comunidade. Isto porque, observou-se que os municípios próximos ao litoral que se beneficiam com o açude Jurema, atualmente, estão mais preocupados em implementar uma política de melhor aproveitamento dos recursos naturais existentes, como os grandes lagos litorâneos e alguns pequenos açudes, e de proteção desses mananciais que estão enfrentando processos de degradação ambiental, segundo depoimentos nas reuniões.

No caso do açude Litoral, este foi proposto como uma forma de reserva estratégica para possíveis demandas futuras que poderiam surgir do desenvolvimento industrial no litoral. O açude é localizado no riacho da Prata, um pouco a montante do já existente açude da Prata. Segundo visita de campo realizada para caracterização do boqueirão proposto, a topografia é bastante desfavorável para a construção de um barramento, sendo que o local proporciona uma acumulação máxima de 2,10 hm<sup>3</sup>. Do ponto de vista construtivo, o açude mostra-se completamente inviável, motivo pelo qual foi descartado dos estudos a nível de anteprojeto.

O açude Alto Poti é apresentado neste projeto como a única alternativa viável para solucionar os problemas de déficits hídricos diagnosticados no município de Quiterianópolis. A sede municipal é abastecida atualmente pelo reservatório Colinas, cuja capacidade é de 3,26 hm<sup>3</sup>, o qual vem apresentando sérios problemas de qualidade da água, pois está situado dentro do perímetro urbano. Devido o município de Quiterianópolis estar situado no extremo sul da bacia do Poti, a proposição de uma alternativa que fizesse parte do eixo de integração torna-se inviável, pois as distâncias entre as demandas a serem vencidas são grandes. Sendo assim, da mesma forma que foi proposto uma solução localizada para o município de Catunda, propõe-se para o município de Quiterianópolis a construção do açude Alto Poti. Este já teve seu boqueirão estudado pelo PROURB, constituindo-se numa obra tecnicamente viável.

Os açudes propostos Arabê e Pejuaba têm seus boqueirões localizados nos riachos de mesmo nome, respectivamente, ambos nascendo da Serra da Ibiapaba fluindo rumo ao Estado do Piauí. O objetivo principal destes açudes é a perenização desses riachos para viabilizar a exploração da agricultura irrigada nos respectivos vales. Estes boqueirões já foram estudados anteriormente pela SIRAC - Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria Ltda, no trabalho intitulado “Plano de Aproveitamento Hidroagrícola do Carrasco da Ibiapaba” (1984). Neste estudo, os açudes propostos foram analisados a nível de viabilidade, tendo sido propostas as dimensões 7,40 e 7,00 hm<sup>3</sup>, para os açudes Arabê e Pejuaba, respectivamente. Devido a existência desse estudo anterior e por serem duas obras não tão prioritárias já que vão beneficiar essencialmente a irrigação, apesar de serem bastante reivindicadas pela população

local, não foram realizados maiores estudos detalhados neste projeto. Além disso, são duas obras que têm abrangências localizadas, somente nos vales perenizados, não interferindo no ponto principal deste projeto que é o eixo de integração.

Os açudes Fronteiras, Inhuçu e Lontras são as obras de acumulação estratégicas do eixo de integração da Ibiapaba. O primeiro tem boqueirão localizado no rio Poti, próximo a divisa com o Estado do Piauí, e drena toda a bacia formada por aquele rio localizada na microrregião dos Sertões de Crateús. É o maior açude proposto por este projeto, podendo acumular 950 hm<sup>3</sup>. Tem a finalidade de abastecer demandas urbanas e de irrigação, podendo suas águas serem destinadas às bacias do Poti e/ou Acaraú, dependendo da alternativa do eixo de integração considerada. O maior obstáculo à sua construção, provavelmente, será problemas de cunho institucional, já que a bacia do rio Poti é federal, fazendo parte da bacia do rio Parnaíba, e, portanto, sua construção terá que ser negociada com o Estado do Piauí.

O sistema formado pelos açudes Inhuçu e Lontras, cujos boqueirões localizam-se no rio Inhuçu, é outra obra de acumulação estratégica na região, a qual permitirá a transposição de águas da bacia do Poti para a bacia do Acaraú. O primeiro tem capacidade estimada em 325,00 hm<sup>3</sup> enquanto o segundo tem 142,00 hm<sup>3</sup>. Além de suprir as demandas deficitárias dos municípios localizados próximos ao divisor de águas entre as bacias do Poti e Acaraú e as áreas de irrigação potenciais na bacia do Acaraú, terá como importante benefício a geração de energia elétrica na região, através de hidrelétrica que aproveitará o desnível no percurso da transposição entre a Serra da Ibiapaba e a bacia do Acaraú. Os custos das obras englobam valores da ordem de R\$ 41.496.960,00 para o açude Inhuçu e R\$ 16.691.920,00 para o açude Lontras, além de R\$ 44.739.991,00 para o túnel e hidrelétrica propostos.

### **2.3. ALTERNATIVAS DO EIXO DE INTEGRAÇÃO DA IBIAPABA**

Uma vez analisados os novos barramentos possíveis para as bacias do Acaraú, Coreaú e Poti, procedeu-se a composição das alternativas, selecionando-se os reservatórios e as opções de transporte da água regularizada pelos mesmos para os centros de demanda deficitários a serem contemplados pelo Eixo de Integração da Ibiapaba.

São os seguintes os reservatórios selecionados para a composição das alternativas do Eixo de Integração da Ibiapaba:

<b>Açude Planejado</b>	<b>Bacia Hidrográfica</b>	<b>Capacidade (hm<sup>3</sup>)</b>
Fronteiras	Poti	950,00
Inhuçu	Poti	325,00
Lontras	Poti	142,00
Paula Pessoa	Coreaú	167,00
Frecheirinha	Coreaú	85,00
Taquara	Acaraú	278,80

Na Figura 2.3.1 podem ser observados esses novos reservatórios e suas localizações.

O açude Taquara foi considerado neste estudo como reservatório estratégico para o incremento da disponibilidade para irrigação no médio e baixo Acaraú, por isso foi tratado como reservatório a ser implantado qualquer que seja a alternativa para o Eixo de Integração.

As alternativas de transferência hídrica e de atendimento às demandas humanas, animal, industrial e de irrigação foram então determinadas a partir das condições topográficas, da localização dos açudes Fronteiras, Lontras, Inhuçu, Paula Pessoa e Frecheirinha, das demandas projetadas e da existência de uma fonte hídrica estratégica pouco utilizada – o açude Jaburu I.

Os estudos envolvendo os reservatórios e as opções de transporte de suas respectivas águas regularizadas resultou na composição de 3 (três) alternativas para o Eixo de Integração da Ibiapaba. Estas alternativas são descritas a seguir, apresentado-se as obras de infra-estrutura que compõem cada uma e respectivas demandas atendidas. No Capítulo 3 foram detalhados os resultados dos balanços hídricos de cada alternativa, com garantias, demandas atendidas e capacidades de cada sistema. O quadro 2.3.1 apresenta uma síntese das 3 alternativas estudadas para o Eixo de Integração.

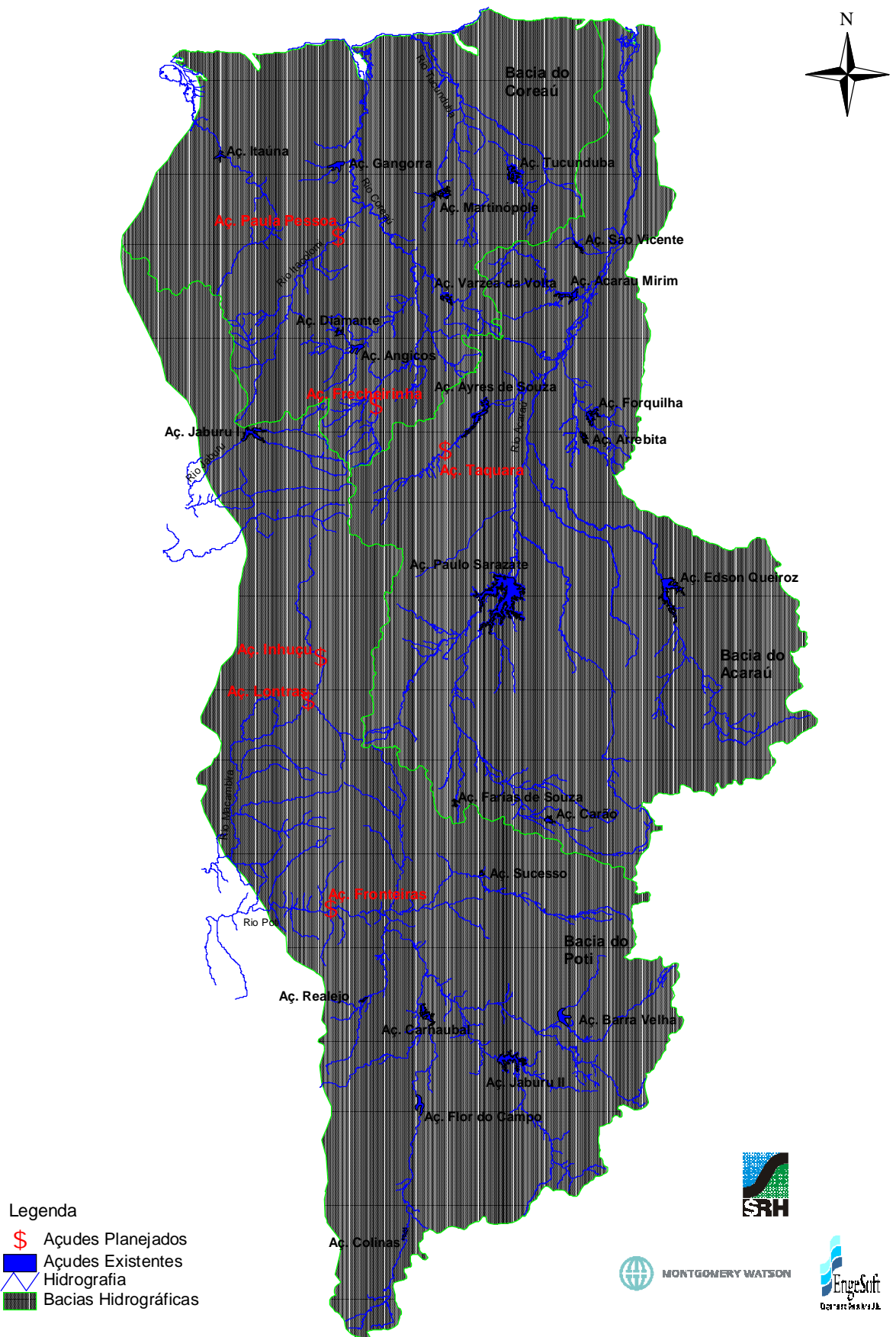


Figura 2.3.1: Mapa de Localização dos Reservatórios Planejados para o Eixo de Integração da Ibiapaba



MONTGOMERY WATSON



### QUADRO 2.3.1 - Síntese das infra-estruturas hídricas projetadas para as alternativas estudadas no Eixo de Integração da Ibiapaba

#### Descrição

<b>ALTERNATIVA</b> →		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>ESTRUTURAS</b>	<b>DIMENSOES</b>			
<b>Infra-estrutura de Reservação</b>				
Açude Frecheirinha	85 hm <sup>3</sup>	X	X	X
Açude Fronteiras	950 hm <sup>3</sup>	X	X	X
Açude Inhuçu	325 hm <sup>3</sup>	X	X	X
Açude Lontras	142 hm <sup>3</sup>	X	X	X
Açude Paula Pessoa	167 hm <sup>3</sup>	X	X	X
Açude Taquara	279 hm <sup>3</sup>	X	X	X
<b>Infra-estrutura de Adução</b>				
Adutora Ararendá/Ipaporangá/Nova Russas	103,1 Km			X
Adutora de Nova Russas	26,3 Km		X	
Adutora Jaburu I	38,1 Km		X	X
Sistema de Adução e Distribuição do Aç. Frecheirinha p/ Mancha de Frecheirinha	-	X	X	X
Sistema de Adução e Distribuição do Aç. P. Pessoa p/ Mancha de Granja	-	X	X	X
Canal Norte - Alternativa 1	212,7 Km	X		
Canal Norte - Alternativa 2	99,8 Km		X	
Canal Poti Sul - Alternativa 2	27,0 Km		X	
Canal Poti Sul - Alternativa 3	107,7 Km			X
<b>Outras Obras</b>				
Hidrelétrica, incluindo túnel de 18 km	6 MW	X	X	X

### 2.3.1. Alternativa 1

A Alternativa 1 é composta das estruturas hídricas relacionadas no Quadro 2.3.1.1 a seguir e apresentadas na Figura 2.3.1.1.

**Quadro 2.3.1.1 - Infra-Estrutura Hídrica da Alternativa 1**

<b>Obra</b>	<b>Dimensão</b>	<b>Tipo de Uso</b>
Açude Fronteiras	950 hm <sup>3</sup>	Irrigação, abastecimento urbano e rural
Açude Inhuçu	325 hm <sup>3</sup>	Geração de energia, abastecimento urbano e rural e irrigação
Açude Lontras	142 hm <sup>3</sup>	Geração de energia, abastecimento urbano e rural e irrigação
Açude Paula Pessoa	167 hm <sup>3</sup>	Irrigação
Açude Frecheirinha	85 hm <sup>3</sup>	Abastecimento urbano e rural e irrigação
Canal Norte	213 km	Irrigação e abastecimento urbano e rural, Transposição Poti/Acaraú/Coreaú
Túnel e hidrelétrica	18 km, 6 MW	Geração de energia, Transposição Poti/Acaraú/Coreaú
Açude Taquara	279 hm <sup>3</sup>	Irrigação

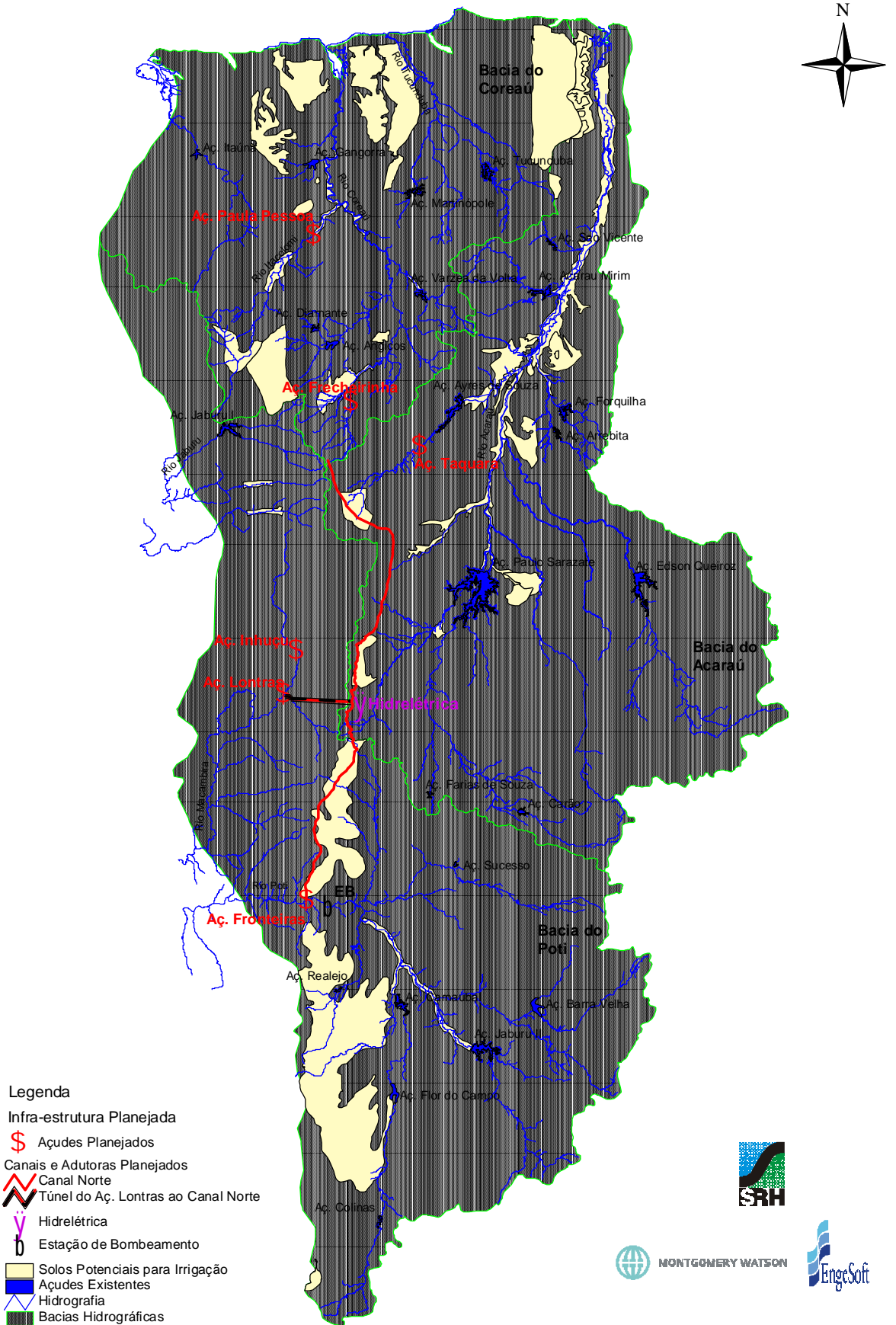


Figura 2.3.1.1: Infra-estrutura Hídrica da Alternativa 1 para o Eixo de Integração da Ibiapaba

Nessa Alternativa 1 planejou-se um canal, chamado de Canal Norte, captando no Açude Fronteiras e seguindo em direção às demandas localizadas nas bacias do Acaraú e Coreaú. No seu primeiro terço, abastece-se as demandas urbanas e rurais dos municípios de Ipaporanga e Ararendá, a demanda potencial de irrigação da mancha Ipaporanga/Ararendá (10.537 ha) e dos Projetos de Irrigação Ipaporanga e Boa Esperança (1.710 ha). Ao cruzar o divisor das bacias do Poti e Acaraú, há o encontro com o túnel e hidrelétrica que captam as águas derivadas dos açudes Lontras e Inhuçu. Nesse local, libera-se o excedente de água para a bacia do Acaraú, que, após abastecer o município de Ipueiras, entrará no Açude Paulo Sarasate, ajudando no incremento da área irrigada na parte média e baixa da bacia.

A partir do túnel, o Canal Norte segue margeando a encosta da Serra da Ibiapaba alimentando as demandas urbanas e rurais de Ipu, Pires Ferreira, Reriutaba, Graça, Pacujá e Mucambo, além das manchas de solos com demanda potencial de irrigação denominadas Ipueiras/Ipu (283 ha) e Graça (1.671 ha). Ao chegar ao seu final, o Canal Norte libera a vazão remanescente em direção ao Açude Frecheirinha, indo aumentar a área irrigada do Projeto Frecheirinha (3.800 ha) e reforçar o abastecimento urbano e rural do município de Frecheirinha.

O açude Paula Pessoa é previsto para irrigação das manchas existentes no baixo Coreaú, especialmente a mancha de Granja.

### **2.3.2. Alternativa 2**

Nessa alternativa o Canal Norte termina no encontro com o túnel e hidrelétrica, sendo liberada uma vazão para atendimento ao município de Ipueiras e às áreas potenciais de irrigação do baixo e médio Acaraú. As demandas das sedes municipais e sedes de distritos com mais de 1.000 habitantes de Graça, Pacujá e Mucambo são atendidas por uma adutora proveniente do açude Jaburu I, que desce a serra com água tratada.

Há, ainda, a inclusão do Canal Poti Sul e da adutora de Nova Russas. O Canal Poti Sul irá abastecer parte da demanda rural de Crateús, como também, principalmente, irá aumentar a irrigação na porção sudoeste da bacia do Poti, revitalizando inclusive o Projeto Realejo (400 ha). A adutora de Nova Russas irá suprir a demanda urbana e rural deste município, pois o açude Farias de Souza não será suficiente para garantir um adequado abastecimento em 2.030.



As demais demandas e disponibilidades permanecem iguais à Alternativa 1.

A Alternativa 2 é apresentada no Quadro 2.3.2.1 a seguir e na Figura 2.3.2.1.

**Quadro 2.3.2.1 - Infra-Estrutura Hídrica da Alternativa 2**

<b>Obra</b>	<b>Dimensão</b>	<b>Tipo de Uso</b>
Açude Fronteiras	950 hm <sup>3</sup>	Irrigação, abastecimento urbano e rural
Açude Inhuçu	325 hm <sup>3</sup>	Geração de energia, abastecimento urbano e rural e irrigação
Açude Lontras	142 hm <sup>3</sup>	Geração de energia, abastecimento urbano e rural e irrigação
Açude Paula Pessoa	167 hm <sup>3</sup>	Irrigação
Açude Frecheirinha	85 hm <sup>3</sup>	Abastecimento urbano e rural e irrigação
Canal Norte	99,8 km	Irrigação e abastecimento urbano e rural, Transposição Poti/Acaraú
Túnel e hidrelétrica	18 km, 6MW	Geração de energia, Transposição Poti/Acaraú
Adutora do Aç. Jaburu I	38,1 km	Abastecimento de Mucambo, Pacujá e Graça, Transposição Poti/Acaraú
Canal Poti Sul	27,0 km	Irrigação e abastecimento rural
Adutora de Nova Russas	26,3 km	Abastecimento urbano e rural
Açude Taquara	279 hm <sup>3</sup>	Irrigação

### 2.3.3. Alternativa 3

Na Alternativa 3 definiu-se 3 (três) sistemas hídricos como parte do Eixo da Ibiapaba. O Sistema Sul, composto do Açude Fronteiras e Canal Poti Sul, cuja finalidade é o abastecimento rural e a irrigação das terras localizadas na região sudoeste da bacia do Poti; o Sistema Centro, composto pelos açudes Inhuçu e Lontras, o túnel e a hidrelétrica, liberando a vazão efluente da turbina para a bacia do Acaraú, que após abastecer o município de Ipueiras, aumenta a área irrigada no médio e baixo vales da bacia; e o Sistema Norte, composto pela adutora do açude Jaburu I para atendimento das sedes municipais de Mucambo, Pacujá e Graça, pelo açude Paula Pessoa destinado à irrigação do baixo Coreaú e pelo açude Frecheirinha, destinado à irrigação do Projeto Frecheirinha e ao abastecimento do município de mesmo nome.

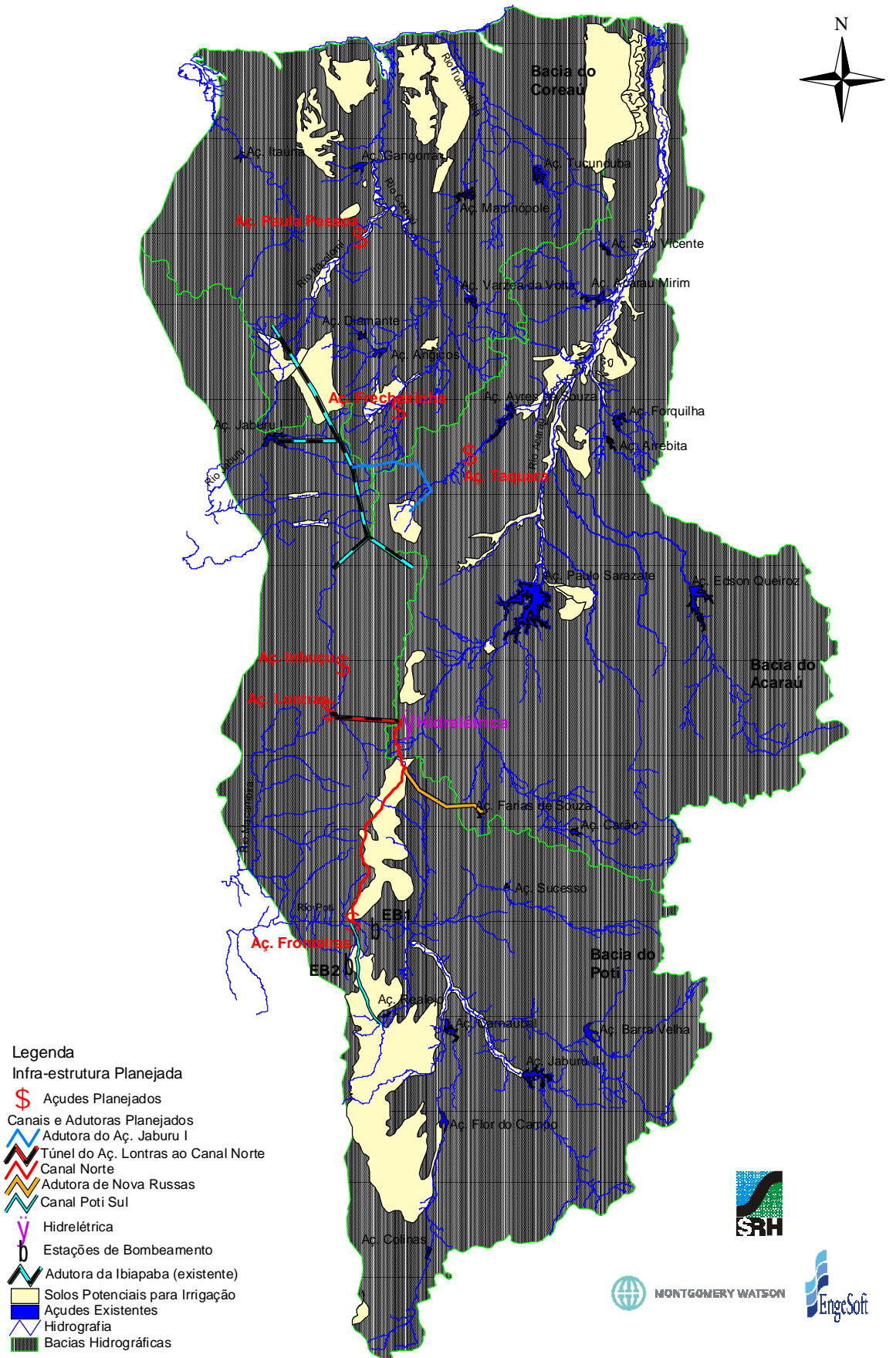


Figura 2.3.2.1: Infra-estrutura Hídrica da Alternativa 2 para o Eixo de Integração da Ibiapaba

Futuramente, com a destinação do açude Paulo Sarasate para a irrigação das terras do baixo e médio Acaraú e a necessidade de expansão dos sistemas que abastecem Ipu e Pires Ferreira (em construção), deverá ser estudada a alternativa complementar a esta de interligar o sistema Norte (aç. Jaburu I) e Centro, permitindo o atendimento dessas demandas.

O Quadro 2.3.3.1 a seguir detalha as características dessas obras e a Figura 2.3.3.1 mostra o sistema descrito. A interligação futura dos sistemas Norte e Centro é apresentada em linha tracejada.

**Quadro 2.3.3.1 - Infra-Estrutura Hídrica da Alternativa 3**

<b>Obra</b>	<b>Dimensão</b>	<b>Tipo de Uso</b>
Açude Fronteiras	950 hm <sup>3</sup>	Irrigação e abastecimento rural
Açude Inhuçu	325 hm <sup>3</sup>	Geração de energia, abastecimento urbano e rural e irrigação
Açude Lontras	142 hm <sup>3</sup>	Geração de energia, abastecimento urbano e rural e irrigação
Açude Paula Pessoa	167 hm <sup>3</sup>	Irrigação
Açude Frecheirinha	85 hm <sup>3</sup>	Abastecimento urbano e rural e irrigação
Túnel e hidrelétrica	18 km, 6 MW	Geração de energia, Transposição Poti/Acaraú
Adutora Ararendá/Ipaporanga/No va Russas	93,1 km	Abastecimento urbano e rural
Adutora do Aç. Jaburu I	38,1 km	Abastecimento de Mucambo, Pacujá e Graça. Transposição Poti/Acaraú
Canal Poti Sul	107,7 km	Irrigação
Açude Taquara	279 hm <sup>3</sup>	Irrigação

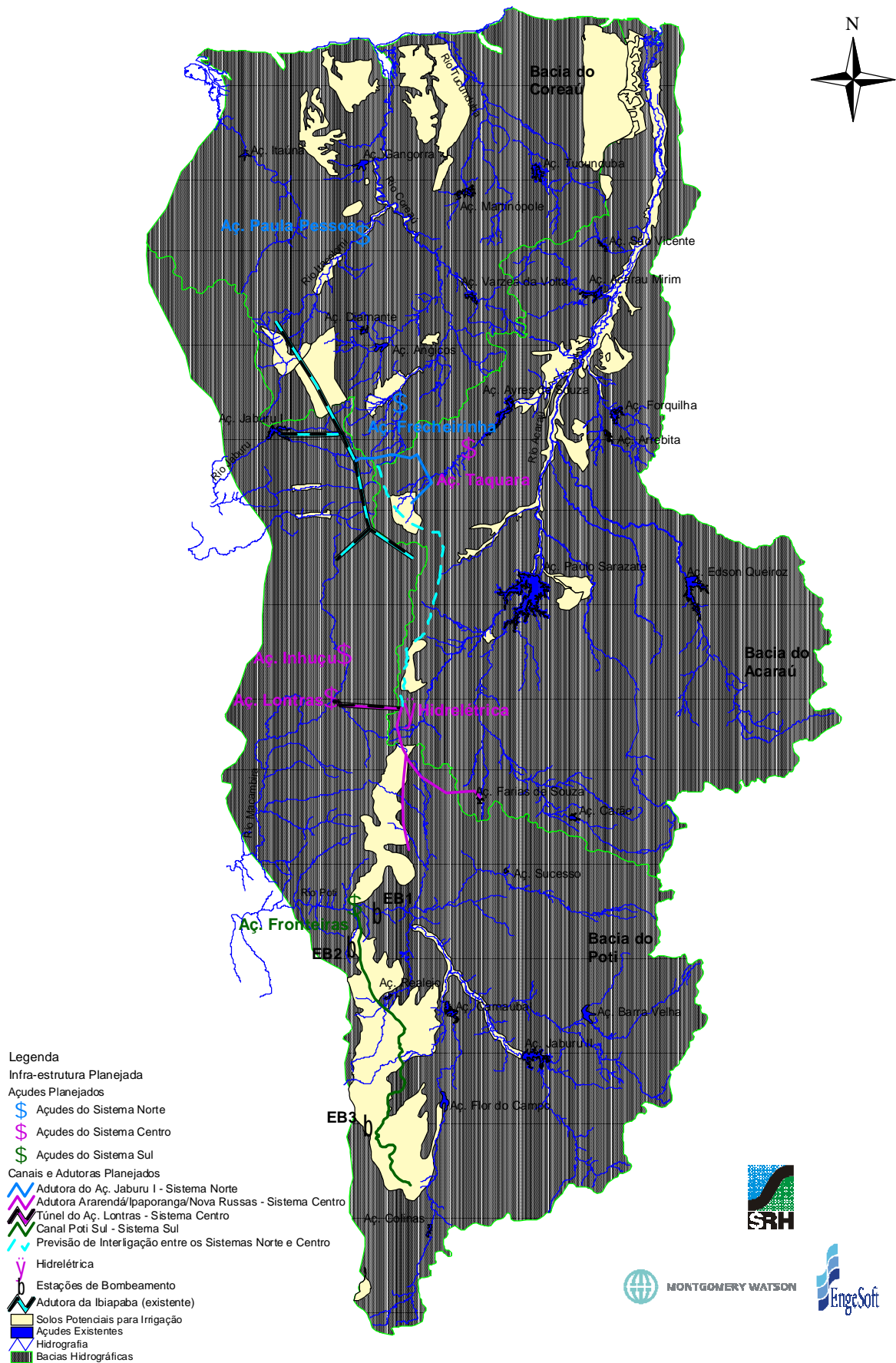


Figura 2.3.3.1: Infra-estrutura Hídrica da Alternativa 3 para o Eixo de Integração da Ibiapaba

#### 2.4. ALTERNATIVAS LOCALIZADAS DE ATENDIMENTO ÀS DEMANDAS

Foram consideradas como demandas localizadas ou fora do Eixo de Integração da Ibiapaba as demandas do Quadro 2.4.1 a seguir.

##### Quadro 2.4.1 – Demandas Localizadas a Serem Atendidas nas Bacias do Acaraú, Coreaú e Poti

Identificação da Demanda	Bacia Hidrográfica	Demanda (l/s)	Alternativa de Atendimento	Dimensão
Quiterianópolis	Poti	86	Açude Alto Poti	20,0 hm <sup>3</sup>
Catunda	Acaraú	52	Açude Carmina	9,0 hm <sup>3</sup>
Jijoca de Jericoacoara	Coreaú	78	Água subterrânea, a estudar futuramente ou água superficial dos lagos litorâneos	-
Mancha de Solos do Vale do Arabê	Poti	207*	Açude Arabê	7,4 hm <sup>3</sup>
Mancha de Solos Parazinho	Coreaú	1.865*	Açude Jurema	20,0 hm <sup>3</sup>
Mancha de Solos do Vale do Pejuaba	Poti	276*	Açude Pejuaba	7,0 hm <sup>3</sup>
Mancha de Solos em Santa Quitéria	Acaraú	803*	Açudes Pedregulho e Poço Comprido	78,60 e 360,00 hm <sup>3</sup>

(\*) Demanda potencial das manchas de solos.

As demandas das manchas de solos dos vales do Arabê e Pejuaba, e a mancha de Parazinho apresentadas no Quadro 2.4.1 são relativas às demandas potenciais, uma vez que não foi realizada simulação hidrológica para os respectivos açudes responsáveis pelo suprimento hídrico pela ausência de informações mais detalhadas. Por não estarem inseridos no eixo de integração da Ibiapaba não foi elaborado estudo aprofundado nestes reservatórios, sendo as informações apresentadas aqui baseadas no estudo desenvolvido pela CEPA/SIRAC "Plano de Valorização Hidroagrícola em Vales do Carrasco da Ibiapaba".

Com relação a Jijoca de Jericoacoara, foi estudada a possibilidade deste município ser abastecido pela ampliação da barragem Cajueirinho, localizada no riacho Inhanduba. Foram elaborados estudos de boqueirão para ampliação deste reservatório e uma análise ambiental, a qual está apresentada no capítulo 6 deste volume. Concluiu-se que o reservatório é inviabilizado devido aos aspectos técnicos e aos impactos sócio-ambientais que poderá provocar.

Propõe-se, então, que as alternativas de abastecimento hídrico para o município de Jijoca de Jericoacoara devem se basear na exploração da água subterrânea ou das águas dos grandes lagos da região próximos ao litoral.

O mapa da Figura 2.4.1, a seguir, mostra as alternativas localizadas propostas para as bacias do Acaraú, Coreaú e Poti, apresentando-se os municípios que terão suas demandas urbanas e rurais atendidas e as áreas de irrigação potenciais a serem supridas. O Quadro 2.4.2 apresenta as principais características das áreas de irrigação potenciais apresentadas na Figura 2.4.1.

**Quadro 2.4.2 - Áreas de Irrigação Potenciais Atendidas pelas Alternativas Localizadas Propostas para as Bacias do Acaraú, Coreaú e Poti**

<b>Denominação da Mancha de Solos</b>	<b>Área Potencial para Irrigação (ha)</b>	<b>Alternativa de Atendimento</b>	<b>Bacia Hidrográfica</b>
Vale do Arabê	362	Açude Arabê	Poti
Parazinho	4.200	Açude Jurema	Coreaú
Vale do Pejuaba	483	Açude Pejuaba	Poti
Santa Quitéria	1.809	Açudes Pedregulho e Poço Comprido	Acaraú

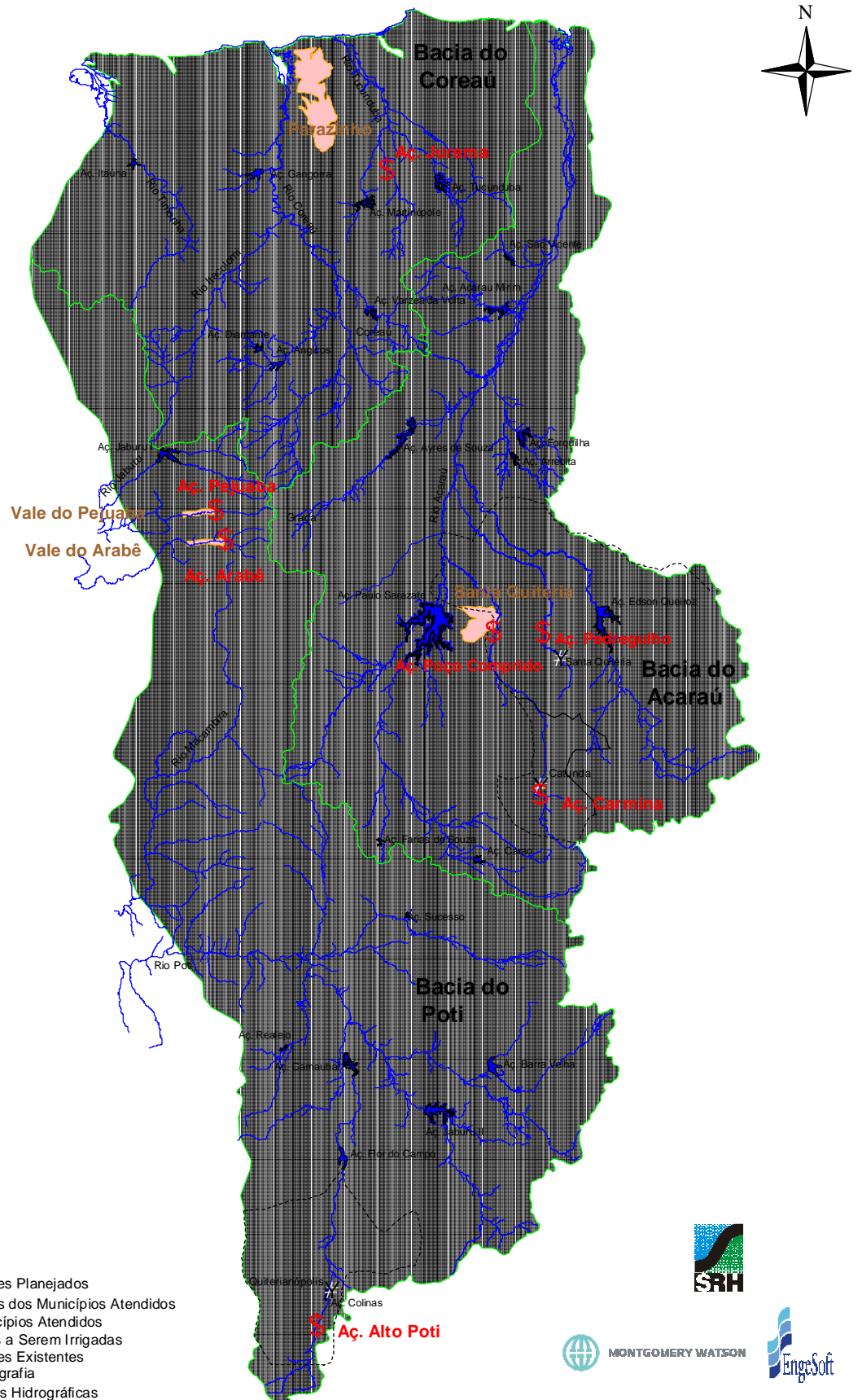


Figura 2.4.1: Infra-estrutura Hídrica Planejada e Demandas Atendidas pelas Alternativas Localizadas, para as Bacias do Acaraú, Coreaú e Poti

## **2.5. SOLUÇÕES PROPOSTAS PARA OS ABASTECIMENTOS DOS MUNICÍPIOS NAS BACIAS DO ACARAÚ, COREAÚ E POTI**

As 3 alternativas para o Eixo de Integração da Ibiapaba estabelecidas no item 2.3 visam, num primeiro momento, o atendimento das demandas dos municípios que apresentaram déficits nos horizontes de planejamento 2000, 2005, 2010, 2020 e 2030. No entanto, nem todos os déficits podem ser solucionados através do Eixo de Integração, uma vez que há localidades em que a quantidade de água a ser fornecida, além das distância e topografia a serem vencidas no transporte, não justificam uma solução integrada. Nestes casos buscou-se solucionar o problema de déficits hídricos através da proposição de pequenas obras de abrangência localizada (ver item 2.4). Há ainda situações que, devido à abrangência do enfoque deste trabalho e da dimensão das demandas deficitárias, especialmente em se tratando de demandas difusas, não justificavam o planejamento de obras, pelo menos ao nível de estudo deste projeto. São situações que devem ser estudadas a nível de Projeto São José, por exemplo. Neste caso, foram propostas aqui como soluções a melhoria da exploração e/ou gestão dos recursos hídricos já existentes, como a água subterrânea e pequenos açudes.

As soluções propostas para o atendimento aos déficits hídricos dos 52 municípios abrangidos por este projeto, conforme explicado no parágrafo anterior, estão relacionadas nos quadros 2.5.1.a, 2.5.1.b e 2.5.1.c para as bacias do Acaraú, Coreaú e Poti, respectivamente. Nestes quadros apresenta-se o nível de atendimento de cada demanda para os horizontes de planejamento 2000, 2005, 2010, 2020 e 2030 de acordo com a infra-estrutura hídrica existente e as alternativas de suprimento hídrico no caso da ocorrência de déficits.





Quadro 2.5.1.a: Situação do abastecimento dos municípios da bacia do Acaraú para os horizontes de planejamento 2000, 2005, 2010, 2020 e 2030 com a infra-estrutura hídrica atual e respectivas infra-estruturas propostas para suprir os déficits

MUNICÍPIO / DEMANDAS	Fonte Hídrica Atual	Nível de Atendimento (%) ANO 2000	Nível de Atendimento (%) ANO 2005	Nível de Atendimento (%) ANO 2010	Nível de Atendimento (%) ANO 2020	Nível de Atendimento (%) ANO 2030	Infra-estrutura Proposta para o Eixo de Integração			Infra-estrutura Proposta - Alternativas Localizadas
							Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
<b>Acaraú (Município)</b>										
Acaraú - Sede	Vales Perenizados do Médio e Baixo Acaraú	100	100	100	100	99	-	-	-	-
Aranaú - Distrito	Vales Perenizados do Médio e Baixo Acaraú	100	100	100	100	99	-	-	-	-
Juritiana - Distrito	Vales Perenizados do Médio e Baixo Acaraú	100	100	100	100	99	-	-	-	-
Acaraú - 80% da demanda difusa	Vales Perenizados do Médio e Baixo Acaraú	-	100	100	100	99	-	-	-	-
Acaraú - 20% da demanda difusa	-	-	0	0	0	0	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea e dos Lagos Litorâneos
<b>Bela Cruz (Município)</b>										
Bela Cruz - Sede	Vales Perenizados do Médio e Baixo Acaraú	100	100	100	100	99	-	-	-	-
Bela Cruz - 40% da demanda difusa	Vales Perenizados do Médio e Baixo Acaraú	-	100	100	100	99	-	-	-	-
Bela Cruz - 60% da demanda difusa	-	-	0	0	0	0	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea, Lagos e Pequenos Açudes da Região
<b>Cariré (Município)</b>										
Cariré - Sede	Aç. Paulo Sarasate	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Cariré - demanda difusa	-	-	0	0	0	0	Aç. Taquara	Aç. Taquara	Aç. Taquara	-
<b>Catunda (Município)</b>										
Catunda - Sede	-	0	0	0	0	0	-	-	-	Aç. Carmina
Catunda - demanda difusa	-	-	0	0	0	0	-	-	-	Aç. Carmina
<b>Cruz (Município)</b>										
Cruz - Sede	Vales Perenizados do Médio e Baixo Acaraú	100	100	100	100	99	-	-	-	-
Cruz - 20% da demanda difusa	Vales Perenizados do Médio e Baixo Acaraú	-	100	100	100	99	-	-	-	-
Cruz - 80% da demanda difusa	-	-	0	0	0	0	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea e dos Lagos Litorâneos
<b>Forquilha (Município)</b>										
Forquilha - Sede	Aç. Forquilha	100	99	99	99	99	-	-	-	-
Forquilha - demanda difusa	Aç. Forquilha	-	99	99	99	99	-	-	-	-
<b>Graça (Município)</b>										
Graça - Sede	Água Subterrânea	0	0	0	0	0	Sistema Inhuçu/Lontras	Adutora do Aç. Jaburu I	Adutora do Aç. Jaburu I	-
Lapa - Distrito	Água Subterrânea	0	0	0	0	0	Sistema Inhuçu/Lontras	Adutora do Aç. Jaburu I	Adutora do Aç. Jaburu I	-
Graça - demanda difusa	Água Subterrânea	-	0	0	0	0	Sistema Inhuçu/Lontras	-	-	Exploração da Água Subterrânea
<b>Groaíras (Município)</b>										
Groaíras - Sede	Aç. Edson Queiroz	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Groaíras - demanda difusa	Aç. Edson Queiroz	-	100	100	100	100	-	-	-	-
<b>Hidrolândia (Município)</b>										
Hidrolândia - Sede	Aç. Paulo Sarasate	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Irajá - Distrito	Aç. Paulo Sarasate	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Hidrolândia - demanda difusa	Aç. Paulo Sarasate	-	100	100	100	100	-	-	-	-
<b>Ipu (Município)</b>										
Ipu - Sede	Aç. Paulo Sarasate	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Várzea do Giló - Distrito	Aç. Paulo Sarasate	100	100	100	100	100	Sistema Inhuçu/Lontras	Sistema Inhuçu/Lontras	Sistema Inhuçu/Lontras	-
Ipu - demanda difusa	Aç. Paulo Sarasate	-	100	100	100	100	Sistema Inhuçu/Lontras	Sistema Inhuçu/Lontras	Sistema Inhuçu/Lontras	-
<b>Ipueiras (Município)</b>										
Ipueiras - Sede	-	0	0	0	0	0	Sistema Inhuçu/Lontras	Sistema Inhuçu/Lontras	Sistema Inhuçu/Lontras	-
América - Distrito	-	0	0	0	0	0	Sistema Inhuçu/Lontras	Sistema Inhuçu/Lontras	Sistema Inhuçu/Lontras	-
Eng. São Tomé - Distrito	-	0	0	0	0	0	Sistema Inhuçu/Lontras	Sistema Inhuçu/Lontras	Sistema Inhuçu/Lontras	-
Livramento - Distrito	-	0	0	0	0	0	Sistema Inhuçu/Lontras	Sistema Inhuçu/Lontras	Sistema Inhuçu/Lontras	-



Quadro 2.5.1.a: Situação do abastecimento dos municípios da bacia do Acaraú para os horizontes de planejamento 2000, 2005, 2010, 2020 e 2030 com a infra-estrutura hídrica atual e respectivas infra-estruturas propostas para suprir os déficits

MUNICÍPIO / DEMANDAS	Fonte Hídrica Atual	Nível de Atendimento (%) ANO 2000	Nível de Atendimento (%) ANO 2005	Nível de Atendimento (%) ANO 2010	Nível de Atendimento (%) ANO 2020	Nível de Atendimento (%) ANO 2030	Infra-estrutura Proposta para o Eixo de Integração			Infra-estrutura Proposta - Alternativas Localizadas
							Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
Matriz - Distrito	-	0	0	0	0	0	Sistema Inhuçu/Lontras	Sistema Inhuçu/Lontras	Sistema Inhuçu/Lontras	-
Nova Fátima - Distrito	-	0	0	0	0	0	Sistema Inhuçu/Lontras	Sistema Inhuçu/Lontras	Sistema Inhuçu/Lontras	-
Ipueiras - demanda difusa	-	-	0	0	0	0	Sistema Inhuçu/Lontras	Sistema Inhuçu/Lontras	Sistema Inhuçu/Lontras	-
<b>Marco (Município)</b>										
Marco - Sede	Vales Perenizados do Médio e Baixo Acaraú	100	100	100	100	99	-	-	-	-
Panacuí - Distrito	Vales Perenizados do Médio e Baixo Acaraú	100	100	100	100	99	-	-	-	-
Mocambo - Distrito	Vales Perenizados do Médio e Baixo Acaraú	100	100	100	100	99	-	-	-	-
Marco - 50% da demanda difusa	Vales Perenizados do Médio e Baixo Acaraú	-	100	100	100	99	-	-	-	-
Marco - 50% da demanda difusa	Aç. Tucunduba	-	100	100	100	100	-	-	-	-
<b>Massapé (Município)</b>										
Massapé - Sede	Aç. Acaraú Mirim	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Ipagaçu - Distrito	Aç. Acaraú Mirim	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Mumbaba - Distrito	Aç. Acaraú Mirim	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Padre Linhares - Distrito	Aç. Acaraú Mirim	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Tangente - Distrito	Aç. Acaraú Mirim	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Tuina - Distrito	Aç. Acaraú Mirim	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Massapé - demanda difusa	Aç. Acaraú Mirim	100	100	100	100	100	-	-	-	-
<b>Meruoca (Município)</b>										
Meruoca - Sede	Água Subterrânea	0	0	0	0	0	-	-	-	Pequena Açudagem na Serra da Meruoca
Meruoca - demanda difusa	Água Subterrânea	-	0	0	0	0	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea
<b>Mucambo (Município)</b>										
Mucambo - Sede	Açude Municipal	0	0	0	0	0	Sistema Inhuçu/Lontras	Adutora do Aç. Jaburu I	Adutora do Aç. Jaburu I	-
Mucambo - demanda difusa	-	-	0	0	0	0	Sistema Inhuçu/Lontras	-	-	Exploração da Água Subterrânea
<b>Morrinhos (Município)</b>										
Morrinhos - Sede	Vales Perenizados do Médio e Baixo Acaraú	100	100	100	100	99	-	-	-	-
Sítio Alegre - Distrito	Vales Perenizados do Médio e Baixo Acaraú	100	100	100	100	99	-	-	-	-
Morrinhos - demanda difusa	Vales Perenizados do Médio e Baixo Acaraú	-	100	100	100	99	-	-	-	-
<b>Nova Russas (Município)</b>										
Nova Russas - Sede	Aç. Farias de Souza	100	97	94	86	82	-	Aç. Fronteiras	Sistema Inhuçu/Lontras	-
Canindezinho - Distrito	Aç. Farias de Souza	100	97	94	86	82	-	Aç. Fronteiras	Sistema Inhuçu/Lontras	-
Nova Betânia - Distrito	Aç. Farias de Souza	100	97	94	86	82	-	Aç. Fronteiras	Sistema Inhuçu/Lontras	-
São Pedro - Distrito	Aç. Farias de Souza	100	97	94	86	82	-	Aç. Fronteiras	Sistema Inhuçu/Lontras	-
Nova Russas - demanda difusa	Aç. Farias de Souza	-	97	94	86	82	-	Aç. Fronteiras	Sistema Inhuçu/Lontras	-
<b>Pacujá (Município)</b>										
Pacujá - Sede	Aç. Cariolano de Souza	0	0	0	0	0	Sistema Inhuçu/Lontras	Adutora do Aç. Jaburu I	Adutora do Aç. Jaburu I	-
Pacujá - demanda difusa	-	-	0	0	0	0	Sistema Inhuçu/Lontras	-	-	Exploração da Água Subterrânea
<b>Pires Ferreira (Município)</b>										
Pires Ferreira - Sede	Água Subterrânea	0	0	0	0	0	Sistema Inhuçu/Lontras	-	-	Adutora do Aç. Paulo Sarasate
Santo Izidoro - Distrito	Água Subterrânea	0	0	0	0	0	Sistema Inhuçu/Lontras	-	-	Adutora do Aç. Paulo Sarasate
Pires Ferreira - demanda difusa	-	-	0	0	0	0	Sistema Inhuçu/Lontras	-	-	Exploração da Água Subterrânea
<b>Reriutaba (Município)</b>										
Reriutaba - Sede	Aç. Paulo Sarasate	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Amanaiara - Distrito	Aç. Paulo Sarasate	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Reriutaba - demanda difusa	Aç. Paulo Sarasate	-	100	100	100	100	Sistema Inhuçu/Lontras	-	-	-



Quadro 2.5.1.a: Situação do abastecimento dos municípios da bacia do Acaraú para os horizontes de planejamento 2000, 2005, 2010, 2020 e 2030 com a infra-estrutura hídrica atual e respectivas infra-estruturas propostas para suprir os déficits

MUNICÍPIO / DEMANDAS	Fonte Hídrica Atual	Nível de Atendimento (%) ANO 2000	Nível de Atendimento (%) ANO 2005	Nível de Atendimento (%) ANO 2010	Nível de Atendimento (%) ANO 2020	Nível de Atendimento (%) ANO 2030	Infra-estrutura Proposta para o Eixo de Integração			Infra-estrutura Proposta - Alternativas Localizadas
							Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
<b>Santa Quitéria (Município)</b>										
Santa Quitéria - Sede	Aç. Edson Queiroz	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Lisieux - Distrito	Aç. Edson Queiroz	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Macarau - Distrito	Aç. Edson Queiroz	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Santa Quitéria - demanda difusa	Aç. Edson Queiroz	-	100	100	100	100	-	-	-	-
<b>Santana do Acaraú (Município)</b>										
Santana do Acaraú - Sede	Vales Perenizados do Médio e Baixo Acaraú	100	100	98	98	96	-	-	-	-
Mutambeiras - Distrito	Vales Perenizados do Médio e Baixo Acaraú	100	100	98	98	96	-	-	-	-
Parapui - Distrito	Vales Perenizados do Médio e Baixo Acaraú	100	100	98	98	96	-	-	-	-
Santana do Acaraú - demanda difusa	Vales Perenizados do Médio e Baixo Acaraú	100	100	98	98	96	-	-	-	-
<b>Sobral (Município)</b>										
Sobral - 26% da demanda do município	Vales Perenizados do Médio e Baixo Acaraú	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Sobral - 74% da demanda do município	Aç. Ayres de Souza	99	98	98	96	96	-	-	-	-
<b>Tamboril (Município)</b>										
Tamboril - Sede	Aç. Carão	100	100	100	99	98	-	-	-	-
Boa Esperança - Distrito	Aç. Carão	100	100	100	99	98	-	-	-	-
Sucesso - Distrito	Aç. Sucesso	100	93	93	90	87	-	-	-	Melhor gestão do aç. Sucesso
Tamboril - 70% da demanda difusa	Aç. Carão	-	100	100	99	98	-	-	-	-
Tamboril - 30% da demanda difusa	Aç. Sucesso	-	93	93	90	87	-	-	-	Melhor gestão do aç. Sucesso
<b>Varjota (Município)</b>										
Varjota - Sede	Aç. Paulo Sarasate	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Croatá - Distrito	Aç. Paulo Sarasate	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Varjota - demanda difusa	Aç. Paulo Sarasate	-	100	100	100	100	-	-	-	-



Quadro 2.5.1.b: Situação do abastecimento dos municípios da bacia do Coreá para os horizontes de planejamento 2000, 2005, 2010, 2020 e 2030 com a infra-estrutura hídrica atual e respectivas infra-estruturas propostas para suprir os déficits

MUNICÍPIO / DEMANDAS	Fonte Hídrica Atual	Nível de Atendimento (%) ANO 2000	Nível de Atendimento (%) ANO 2005	Nível de Atendimento (%) ANO 2010	Nível de Atendimento (%) ANO 2020	Nível de Atendimento (%) ANO 2030	Infra-estrutura Proposta para o Eixo de Integração			Infra-estrutura Proposta - Alternativas Localizadas
							Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
<b>Alcântaras (Município)</b>										
Alcântaras - Sede	Açude Pinga	0	0	0	0	0	-	-	-	Pequena Açudagem na Serra da Meruoca
Alcântaras - demanda difusa	-	-	0	0	0	0	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea
<b>Barroquinha (Município)</b>										
Barroquinha - Sede	Aç. Itaúna	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Bitupitá (Distrito)	Aç. Itaúna	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Barroquinha - demanda difusa	Aç. Itaúna	-	100	100	100	100	-	-	-	-
<b>Camocim (Município)</b>										
Camocim - Sede	Aç. Gangorra	100	100	100	99	99	-	-	-	-
Camocim - demanda difusa	Aç. Gangorra	-	100	100	99	99	-	-	-	-
<b>Chaval (Município)</b>										
Chaval - Sede	Aç. Itaúna	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Chaval - demanda difusa	Aç. Itaúna	-	100	100	100	100	-	-	-	-
<b>Coreá (Município)</b>										
Coreá - Sede	Aç. Várzea da Volta	100	97	97	96	96	-	-	-	-
Araquém (Dist.)	Aç. Diamante	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Ubaúna (Distrito)	Aç. Traplá	0	0	0	0	0	Aç. Frecheirinha	Aç. Frecheirinha	Aç. Frecheirinha	-
Coreá - 30% da demanda difusa	Aç. Angicos	-	100	100	96	96	-	-	-	-
Coreá - 70% da demanda difusa	-	-	0	0	0	0	-	-	-	Melhor exploração/gestão dos recursos hídricos locais
<b>Frecheirinha (Município)</b>										
Frecheirinha - Sede	Água Subterrânea	0	0	0	0	0	Aç. Frecheirinha	Aç. Frecheirinha	Aç. Frecheirinha	-
Frecheirinha - demanda difusa	-	-	0	0	0	0	Aç. Frecheirinha	Aç. Frecheirinha	Aç. Frecheirinha	-
<b>Granja (Município)</b>										
Granja - Sede	Aç. Gangorra	100	100	100	99	99	-	-	-	-
Adrianópolis - Distrito	Aç. Gangorra	100	100	100	99	99	-	-	-	-
Ibuguaçu - Distrito	Aç. Gangorra	100	100	100	99	99	-	-	-	-
Parazinho - Distrito	Aç. Gangorra	100	100	100	99	99	-	-	-	-
Pessoa Anta - Distrito	Aç. Gangorra	100	100	100	99	99	-	-	-	-
Timonha - Distrito	Aç. Gangorra	100	100	100	99	99	-	-	-	-
Granja - demanda difusa	Aç. Gangorra	-	100	100	99	99	-	-	-	-
<b>Jijoca de Jericoacoara (Mun.)</b>										
Jijoca de Jericoacoara - Sede	Água Subterrânea	0	0	0	0	0	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea e dos Litorâneos
Jijoca de Jericoacoara - demanda difusa	-	-	0	0	0	0	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea e dos Litorâneos
<b>Martinópolis (Município)</b>										
Martinópolis - Sede	Aç. Martinópolis	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Martinópolis - demanda difusa	Aç. Martinópolis	-	100	100	100	100	-	-	-	-
<b>Moraújo (Município)</b>										
Moraújo - Sede	Aç. Várzea da Volta	100	97	97	96	96	-	-	-	-
Moraújo - 40% da demanda difusa	Aç. Angicos	-	99	99	96	96	-	-	-	-
Moraújo - 60% da demanda difusa	Aç. Várzea da Volta	-	97	97	96	96	-	-	-	-
<b>Senador Sá (Município)</b>										
Senador Sá - Sede	Aç. Angicos	100	99	99	96	96	-	-	-	-
Serrota (Distrito)	Aç. Tucunduba	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Senador Sá - 25% da demanda difusa	Vales Perenizados do Médio e Baixo Acaraú	-	100	100	100	99	-	-	-	-
Senador Sá - 35% da demanda difusa	Aç. Angicos	-	99	99	96	96	-	-	-	-
Senador Sá - 40% da demanda difusa	Aç. Tucunduba	-	100	100	100	100	-	-	-	-
<b>Tianguá (Município)</b>										
Tianguá - Sede	Aç. Jaburu I	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Arapá - Distrito	Aç. Diamante	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Caruataí - Distrito	Aç. Jaburu I	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Tianguá - 20% da demanda difusa	Aç. Diamante	-	100	100	100	100	-	-	-	-



Quadro 2.5.1.b: Situação do abastecimento dos municípios da bacia do Coreaú para os horizontes de planejamento 2000, 2005, 2010, 2020 e 2030 com a infra-estrutura hídrica atual e respectivas infra-estruturas propostas para suprir os déficits

MUNICÍPIO / DEMANDAS	Fonte Hídrica Atual	Nível de Atendimento (%) ANO 2000	Nível de Atendimento (%) ANO 2005	Nível de Atendimento (%) ANO 2010	Nível de Atendimento (%) ANO 2020	Nível de Atendimento (%) ANO 2030	Infra-estrutura Proposta para o Eixo de Integração			Infra-estrutura Proposta - Alternativas Localizadas
							Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
Tianguá - 80% da demanda difusa	Aç. Jaburu I	-	100	100	100	100	-	-	-	-
<b>Uruoca (Município)</b>										
Uruoca - Sede	Aç. Angicos	100	99	99	96	96	-	-	-	-
Campanário - Distrito	Aç. Angicos	100	99	99	96	96	-	-	-	-
Uruoca - demanda difusa	Aç. Angicos	100	99	99	96	96	-	-	-	-
<b>Viçosa do Ceará (Município)</b>										
Viçosa do Ceará - Sede	Aç. Jaburu I	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Lambedouro - Distrito	-	0	0	0	0	0	Aç. Paula Pessoa	Aç. Paula Pessoa	Aç. Paula Pessoa	-
Quatiguaba - Distrito	Aç. Jaburu I	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Viçosa do Ceará - 65% da demanda difusa	Aç. Jaburu I	-	100	100	100	100	-	-	-	-
Viçosa do Ceará - 35% da demanda difusa	-	-	0	0	0	0	-	-	-	Melhor exploração/gestão dos recursos hídricos locais



Quadro 2.5.1.c: Situação do abastecimento dos municípios da bacia do Poti para os horizontes de planejamento 2000, 2005, 2010, 2020 e 2030 com a infra-estrutura hídrica atual e respectivas infra-estruturas propostas para suprir os déficits

MUNICÍPIO / DEMANDAS	Fonte Hídrica Atual	Nível de Atendimento (%) ANO 2000	Nível de Atendimento (%) ANO 2005	Nível de Atendimento (%) ANO 2010	Nível de Atendimento (%) ANO 2020	Nível de Atendimento (%) ANO 2030	Infra-estrutura Proposta para o Eixo de Integração			Infra-estrutura Proposta - Alternativas Localizadas
							Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
<b>Ararendá (Município)</b>										
Ararendá - Sede	Água Subterrânea	0	0	0	0	0	Aç. Fronteiras	Aç. Fronteiras	Sistema Inhuçu/Lontras	-
Santo Antônio - Distrito	-	-	0	0	0	0	Aç. Fronteiras	Aç. Fronteiras	Sistema Inhuçu/Lontras	-
Ararendá - 50% da demanda difusa	-	-	0	0	0	0	Aç. Fronteiras	Aç. Fronteiras	Sistema Inhuçu/Lontras	-
Ararendá - 50% da demanda difusa	Aç. Farias de Souza	-	97	94	86	82	-	Aç. Fronteiras	Sistema Inhuçu/Lontras	-
<b>Carnaubal (Município)</b>										
Carnaubal - Sede	Aç. Jaburu I	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Carnaubal - demanda difusa	Aç. Jaburu I	-	100	100	100	100	-	-	-	-
<b>Crateús (Município)</b>										
Crateús - Sede	Aç. Carnaubal	98	97	97	97	97	-	-	-	-
Ibiapaba - Distrito	-	0	0	0	0	0	Aç. Fronteiras	Aç. Fronteiras	Aç. Fronteiras	-
Montebebo - Distrito	-	0	0	0	0	0	-	-	-	Melhor exploração/gestão dos recursos hídricos locais
Crateús - 40% da demanda difusa	Aç. Carnaubal	-	100	100	99	99	-	-	-	-
Crateús - 20% da demanda difusa	Aç. Realejo	-	91	91	90	90	-	Aç. Fronteiras	Aç. Fronteiras	-
Crateús - 40% da demanda difusa	Aç. Sucesso	-	83	83	80	77	-	-	-	Melhor gestão do Aç. Sucesso
<b>Croatá (Município)</b>										
Croatá - Sede	Água Subterrânea	0	0	0	0	0	Aç. Inhuçu	Aç. Inhuçu	Aç. Inhuçu	-
Betânia (Distrito)	-	0	0	0	0	0	Aç. Inhuçu	Aç. Inhuçu	Aç. Inhuçu	-
Croatá - demanda difusa	-	-	0	0	0	0	Aç. Inhuçu	Aç. Inhuçu	Aç. Inhuçu	-
<b>Guaraciaba do Norte (Município)</b>										
Guaraciaba do Norte - Sede	Aç. Jaburu I	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Várzea dos Espinhos - Distrito	Aç. Jaburu I	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Morrinhos Novos - Distrito	Aç. Jaburu I	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Mucambo - Distrito	Aç. Jaburu I	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Guaraciaba do Norte - demanda difusa	Aç. Jaburu I	-	100	100	100	100	-	-	-	-
<b>Ibiapina (Município)</b>										
Ibiapina - Sede	Aç. Jaburu I	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Ibiapina - demanda difusa	Aç. Jaburu I	-	100	100	100	100	-	-	-	-
<b>Independência (Município)</b>										
Independência - Sede	Aç. Barra Velha	99	98	98	97	97	-	-	-	-
Independência - 50% da demanda difusa	Aç. Barra Velha	-	98	98	97	97	-	-	-	-
Independência - 50% da demanda difusa	Aç. Jaburu II	-	100	100	99	99	-	-	-	-
<b>Ipaporanga (Município)</b>										
Ipaporanga - Sede	Aç. São José	0	0	0	0	0	Aç. Fronteiras	Aç. Fronteiras	Sistema Inhuçu/Lontras	-
Ipaporanga - demanda difusa	-	-	0	0	0	0	Aç. Fronteiras	Aç. Fronteiras	Sistema Inhuçu/Lontras	-
<b>Novo Oriente (Município)</b>										
Novo Oriente - Sede	Aç. Flor do Campo	98	97	97	97	97	-	-	-	-
Novo Oriente - demanda difusa	Aç. Flor do Campo	-	97	97	97	97	-	-	-	-
<b>Poranga (Município)</b>										
Poranga - demandas difusas	Água Subterrânea	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Poranga - Sede	Água Subterrânea	-	100	100	100	100	-	-	-	-
<b>Quiterianópolis (Município)</b>										
Quiterianópolis - Sede	Aç. Colinas	100	66	66	59	54	-	-	-	Aç. Alto Poti
Quiterianópolis - demanda difusa	Aç. Colinas	-	66	66	59	54	-	-	-	Aç. Alto Poti
<b>São Benedito (Município)</b>										
São Benedito - Sede	Aç. Jaburu I	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Inhuçu - Distrito	Aç. Jaburu I	100	100	100	100	100	-	-	-	-
São Benedito - demanda difusa	Aç. Jaburu I	-	100	100	100	100	-	-	-	-
<b>Ubajara (Município)</b>										
Ubajara - Sede	Aç. Jaburu I	100	100	100	100	100	-	-	-	-
Araticum - Distrito	-	0	0	0	0	0	Sistema Inhuçu/Lontras	-	-	Melhor exploração/gestão dos recursos hídricos locais
Ubajara - 90% da demanda difusa	Aç. Jaburu I	-	100	100	100	100	-	-	-	-
Ubajara - 10% da demanda difusa	-	-	0	0	0	0	Sistema Inhuçu/Lontras	-	-	Melhor exploração/gestão dos recursos hídricos locais



MONTGOMERY WATSON



### **3. BALANÇO HÍDRICO DAS ALTERNATIVAS**

---

### 3. BALANÇO HÍDRICO DAS ALTERNATIVAS

As alternativas 1, 2 e 3 estabelecidas no capítulo anterior foram simuladas para o horizonte 2030 para pré-dimensionamento dos sistemas.

Para a simulação, foi utilizado o programa HEC-3, já descrito na Fase III – Balanço Hídrico.

O balanço do sistema planejado, na realidade, foi sendo elaborado em conjunto com o anteprojeto das obras de cada alternativa, visto que os fatores topográficos e geotécnicos condicionaram as dimensões de algumas obras. Foi, pois, um processo iterativo, no qual o balanço hídrico alimentou o detalhamento das alternativas e este alimentou o balanço hídrico.

O balanço hídrico foi elaborado a nível mensal, considerando-se as perdas em trânsito de acordo com o trecho de rio simulado.

Cada alternativa foi dimensionada a partir das demandas e disponibilidades determinadas para cada obra associada a ela. Buscou-se atender as demandas dos municípios em sua totalidade, urbanas e difusas, através das alternativas do Eixo de Integração. No entanto, como já explicado no capítulo anterior, algumas demandas, devido a fatores de distância, topográficos e de dimensões das próprias demandas a serem atendidas, tornam-se inviáveis de se buscar soluções em conjunto com o Eixo de Integração. Nestes casos, as soluções propostas são localizadas, podendo ou não envolver novas infra-estruturas de pequeno porte e medidas de gestão. Os resultados de balanço hídrico apresentados neste capítulo referem-se àquelas demandas passíveis de serem atendidas pelas alternativas do eixo de integração. As demandas deficitárias, cuja solução proposta no capítulo 2 (ver quadros 2.5.1.a, 2.5.1.b e 2.5.1.c) enquadra-se em alternativas localizadas, continuam deficitárias, pois não serão atendidas pelo eixo de integração.

Para aquelas demandas dos municípios passíveis de serem atendidas pelas alternativas do eixo de integração, os déficits foram atendidos em sua totalidade, variando somente a área que poderá ser irrigada, pois a disponibilidade de terras de boa qualidade para a irrigação é certamente maior que a capacidade do sistema em irrigá-las.

O resultado final do balanço dos sistemas simulados é mostrado para cada alternativa a seguir. Está apresentado segundo duas formas de avaliação, denominadas neste trabalho de *Garantia Mensal e Garantia das Vazões Médias Fornecidas*.



A Garantia Mensal, como já definida no item 2.1 deste volume, é dada pela relação:

$$G_M = \left( 1 - \frac{n_M}{N_M} \right) \times 100$$

sendo  $G_M$  a garantia mensal em percentagem,  $n_M$  o número de meses em que determinada demanda deixou de ser atendida e  $N_M$  o número total de meses simulados, neste caso, 1032 meses (1912 a 1997).

A Garantia das Vazões Médias Fornecidas, diferentemente da Garantia Mensal a qual faz uma avaliação do ponto de vista temporal, refere-se a uma análise do ponto de vista volumétrico. É possível já que o HEC-3 fornece como um dos resultados o volume médio fornecido para cada demanda durante o período simulado. A Garantia das Vazões Médias Fornecidas, em percentagem, é dada portanto pela relação:

$$G_V = \frac{V_{Fornecido}}{V_{Requerido}} \times 100$$

sendo  $G_V$  a garantia das vazões médias fornecidas em percentagem,  $V_{Fornecido}$  a vazão média fornecida a demanda durante o período simulado (1912-1997) e  $V_{Requerido}$  a vazão média requerida pela demanda.

### 3.1. BALANÇO HÍDRICO DA ALTERNATIVA 1

O sistema resultante na Alternativa 1 tem a seguinte configuração do Quadro 3.1.1.



MONTGOMERY WATSON

**Quadro 3.1.1 - Configuração Final da Alternativa 1**

Infra-Estrutura Planejada					
Açudagem	Capacidade (hm <sup>3</sup> )	Bacia Hidrográfica	Área da Bacia Hidrográfica (Km <sup>2</sup> )*	Vazão Regularizada (m <sup>3</sup> /s)	Garantia (%)
Fronteiras	950,00	Poti	5.866,22	9,0	95
Inhuçu	325,00	Poti	911,50	2,6	94
Lontras	142,00	Poti	515,45	1,4	95
Paula Pessoa	167,00	Coreaú	982,65	1,7	95
Frecheirinha	85,00	Coreaú	195,81	0,5	95
Taquara	278,80	Acaraú	558,80	2,9 <sup>2</sup>	90
Adução	Extensão (Km)	Bacia Hidrográfica	Fonte Hídrica		
Túnel do Aç. Lontras ao Canal Norte	18,0	Transposição Poti/Acaraú	Sistema composto pelos Aç. Inhuçu e Lontras		
Canal Norte	212,7	Transposição Poti/Acaraú/Coreaú	Aç. Fronteiras		
Geração de Energia	Capacidade	Bacia Hidrográfica	Fonte Hídrica		
Hidrelétrica	6 MW	Acaraú	Sistema composto pelos Aç. Inhuçu e Lontras		

(\*) A área da bacia hidrográfica refere-se à região não controlada pelos açudes de montante.

<sup>2</sup> A construção do aç. Taquara interfere decisivamente na capacidade de regularização do aç. Ayres de Souza, já existente. Este, atualmente, apresenta  $Q_{90} = 1,50\text{m}^3/\text{s}$ , passando a regularizar  $Q_{90} = 0,50\text{m}^3/\text{s}$  caso se construa o Taquara. Conclui-se, portanto, que a construção do aç. Taquara promoverá um ganho líquido em regularização de  $1,90\text{m}^3/\text{s}$  para o sistema.

Com relação aos valores para a vazão regularizada apresentados no Quadro 3.1.1, deve-se observar que, ao se considerar a vazão regularizada do Sistema Inhuçu-Lontras que é transferida pelo túnel para a bacia do Acaraú, deve-se deduzir deste valor as perdas em trânsito e as demandas atendidas pelos dois açudes em cima da serra, quais sejam: o município de Croatá é atendido pelo aç. Inhuçu e a parte da demanda difusa do município de Ipueiras que fica em cima da serra. Desta forma, a vazão regularizada a 95% de garantia do Sistema Inhuçu-Lontras transferida à bacia do Acaraú é de 3,8 m<sup>3</sup>/s.

Os resultados do balanço hídrico executado no HEC-3 para a Alternativa 1 são apresentados detalhadamente no Volume 6 - Estudos Hidrológicos. Apresenta-se aqui, de forma mais sintética, os resultados analisados em termos de *Garantia Mensal (G<sub>M</sub>)* e *Garantia das Vazões Médias Fornecidas (G<sub>V</sub>)*, para o período simulado 1912-1997, associados a cada demanda das 3 bacias estudadas caso seja implantada a Alternativa 1. Os quadros 3.1.2.a, 3.1.2.b e 3.1.2.c apresentam tais resultados. É importante salientar que os resultados são apresentados de acordo com a distribuição das demandas nos pontos de controle do sistema simulado no HEC-3, a qual segue o mesmo padrão descrito no item 6.3.4, do Volume – Balanço Hídrico, Fase III. As demandas foram distribuídas nos pontos de controle de acordo com suas respectivas fontes hídricas e, no caso das demandas difusas, de acordo com a rede de drenagem e os divisores de água. Dessa forma, tem-se, por exemplo, 80% da demanda difusa do município de Acaraú sendo suprida pelo vale perenizado do Baixo Acaraú e o restante, 20% da demanda difusa, a qual encontra-se na bacia do Coreaú, sem fonte hídrica oriunda da rede de grande açudagem.

É importante observar também que, neste projeto, considera-se que as demandas são satisfatoriamente atendidas quando o nível de atendimento (Garantia Mensal) for superior a 90%. A razão pela qual adotou-se este limite já foi esclarecida no item 2.1 deste volume. No entanto, aquelas demandas que apresentarem Garantia Mensal inferior ao limite de 90% nos quadros 3.1.2.a, 3.1.2.b e 3.1.2.c, significa que seus déficits não serão sanados pela alternativa do eixo de integração, e sim por uma alternativa localizada.

Como já explicado no item 2.5, nem sempre foi possível atender todas as demandas deficitárias através de alternativas vinculadas ao eixo de integração. Sendo assim, algumas demandas têm seus problemas de déficits solucionados através de alternativas localizadas. Os quadros 3.1.2.a, 3.1.2.b e 3.1.2.c apresentam na última coluna as alternativas localizadas para aquelas demandas que não foram atendidas pela Alternativa 1.



MONTGOMERY WATSON



A Figura 3.1.1 mostra a infra-estrutura planejada e respectivas demandas atendidas pela Alternativa 1, enquanto que a Figura 3.1.2 apresenta os municípios das bacias estudadas e o nível de atendimento às demandas humana, industrial, de turismo e animal para horizonte 2030 caso seja implantada a Alternativa 1.



Quadro 3.1.2.a: Resultados do balanço hídrico, em termos de Garantia Mensal e das Vazões Médias Fornecidas, no atendimento das demandas dos municípios e de irrigação para o cenário da Alternativa 1 do Eixo de Integração da Ibiapaba, Ano 2030 - Bacia do Acaraú

DEMANDAS	Infra-estrutura Proposta Alternativa 1	Garantia Mensal (%)	Garantia das Vazões Médias Fornecidas (%)	Infra-estrutura Proposta - Alternativas Localizadas -
<b>Nível de Atendimento das Demandas Humanas, Industriais e Animais dos Municípios</b>				
<b>Acaraú (Município)</b>				
Acaraú - Sede	-	98,74	98,62	-
Aranaú - Distrito	-	98,74	98,62	-
Juritianha - Distrito	-	98,74	98,62	-
Acaraú - 80% da demanda difusa	-	98,74	98,62	-
Acaraú - 20% da demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea e dos Lagos Litorâneos
<b>Bela Cruz (Município)</b>				
Bela Cruz - Sede	-	98,74	98,62	-
Bela Cruz - 40% da demanda difusa	-	98,74	98,62	-
Bela Cruz - 60% da demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea, Lagos e Pequenos Açudes da Região
<b>Cariré (Município)</b>				
Cariré - Sede	-	100,00	99,76	-
Cariré - demanda difusa	Aç. Taquara	100,00	100,00	-
<b>Catunda (Município)</b>				
Catunda - Sede	-	-	-	Aç. Carmina
Catunda - demanda difusa	-	-	-	Aç. Carmina
<b>Cruz (Município)</b>				
Cruz - Sede	-	98,74	98,62	-
Cruz - 20% da demanda difusa	-	98,74	98,62	-
Cruz - 80% da demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea e dos Lagos Litorâneos
<b>Forquilha (Município)</b>				
Forquilha - Sede	-	95,83	94,37	-
Forquilha - demanda difusa	-	95,83	94,37	-
<b>Graça (Município)</b>				
Graça - Sede	Sistema Inhuçu/Lontras	99,13	97,50	-
Lapa - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	99,13	97,50	-
Graça - demanda difusa	Sistema Inhuçu/Lontras	99,13	97,50	-
<b>Groaíras (Município)</b>				
Groaíras - Sede	-	96,80	96,76	-
Groaíras - demanda difusa	-	96,80	96,76	-
<b>Hidrolândia (Município)</b>				
Hidrolândia - Sede	-	100,00	99,76	-
Irajá - Distrito	-	100,00	99,76	-
Hidrolândia - demanda difusa	-	100,00	99,76	-
<b>Ipu (Município)</b>				
Ipu - Sede	-	100,00	99,76	-
Várzea do Giló - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	99,13	97,56	-
Ipu - demanda difusa	Sistema Inhuçu/Lontras	99,13	97,56	-
<b>Ipueiras (Município)</b>				
Ipueiras - Sede	Sistema Inhuçu/Lontras	94,09	92,06	-
América - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	94,09	92,06	-
Eng. São Tomé - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	94,09	92,06	-
Livramento - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	94,09	92,06	-
Matriz - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	94,09	92,06	-
Nova Fátima - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	94,09	92,06	-
Ipueiras - demanda difusa	Sistema Inhuçu/Lontras	94,09	92,06	-
<b>Marco (Município)</b>				
Marco - Sede	-	98,74	98,62	-
Panacui - Distrito	-	98,74	98,62	-
Mocambo - Distrito	-	98,74	98,62	-
Marco - 50% da demanda difusa	-	98,74	98,62	-
Marco - 50% da demanda difusa	-	98,06	93,10	-
<b>Massapê (Município)</b>				
Massapê - Sede	-	100,00	99,04	-
Ipaguaçu - Distrito	-	100,00	99,04	-
Mumbaba - Distrito	-	100,00	99,04	-
Padre Linhares - Distrito	-	100,00	99,04	-
Tangente - Distrito	-	100,00	99,04	-
Tuina - Distrito	-	100,00	99,04	-
Massapê - demanda difusa	-	100,00	99,04	-
<b>Meruoca (Município)</b>				
Meruoca - Sede	-	-	-	Pequena Açudagem na Serra da Meruoca
Meruoca - demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea



Quadro 3.1.2.a: Resultados do balanço hídrico, em termos de Garantia Mensal e das Vazões Médias Fornecidas, no atendimento das demandas dos municípios e de irrigação para o cenário da Alternativa 1 do Eixo de Integração da Ibiapaba, Ano 2030 - Bacia do Acaraú

DEMANDAS	Infra-estrutura Proposta Alternativa 1	Garantia Mensal (%)	Garantia das Vazões Médias Fornecidas (%)	Infra-estrutura Proposta - Alternativas Localizadas -
<b>Nível de Atendimento das Demandas Humanas, Industriais e Animais dos Municípios</b>				
<b>Mucambo (Município)</b>				
Mucambo - Sede	Sistema Inhuçu/Lontras	95,64	95,16	-
Mucambo - demanda difusa	Sistema Inhuçu/Lontras	95,64	95,16	-
<b>Morrinhos (Município)</b>				
Morrinhos - Sede	-	98,74	98,62	-
Sítio Alegre - Distrito	-	98,74	98,62	-
Morrinhos - demanda difusa	-	98,74	98,62	-
<b>Nova Russas (Município)<sup>(1)</sup></b>				
Nova Russas - Sede	-	<b>82,27</b>	<b>83,01</b>	-
Canindezinho - Distrito	-	<b>82,27</b>	<b>83,01</b>	-
Nova Betânia - Distrito	-	<b>82,27</b>	<b>83,01</b>	-
São Pedro - Distrito	-	<b>82,27</b>	<b>83,01</b>	-
Nova Russas - demanda difusa	-	<b>82,27</b>	<b>83,01</b>	-
<b>Pacujá (Município)</b>				
Pacujá - Sede	Sistema Inhuçu/Lontras	99,13	97,50	-
Pacujá - demanda difusa	Sistema Inhuçu/Lontras	99,13	97,50	-
<b>Pires Ferreira (Município)</b>				
Pires Ferreira - Sede	Sistema Inhuçu/Lontras	99,13	98,29	-
Santo Izidoro - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	99,13	98,29	-
Pires Ferreira - demanda difusa	Sistema Inhuçu/Lontras	99,13	98,29	-
<b>Reriutaba (Município)</b>				
Reriutaba - Sede	-	100,00	99,76	-
Amanaiara - Distrito	-	100,00	99,76	-
Reriutaba - demanda difusa	Sistema Inhuçu/Lontras	99,13	98,29	-
<b>Santa Quitéria (Município)</b>				
Santa Quitéria - Sede	-	96,80	96,76	-
Lisieux - Distrito	-	96,80	96,76	-
Macarau - Distrito	-	96,80	96,76	-
Santa Quitéria - demanda difusa	-	96,80	96,76	-
<b>Santana do Acaraú (Município)</b>				
Santana do Acaraú - Sede	-	98,84	97,71	-
Mutambeiras - Distrito	-	98,84	97,71	-
Parapui - Distrito	-	98,84	97,71	-
Santana do Acaraú - demanda difusa	-	98,84	97,71	-
<b>Sobral (Município)</b>				
Sobral - 26% da demanda do município	-	99,03	98,28	-
Sobral - 74% da demanda do município	-	98,35	98,30	-
<b>Tamboril (Município)</b>				
Tamboril - Sede	-	97,67	97,17	-
Boa Esperança - Distrito	-	97,67	97,17	-
Sucesso - Distrito	-	<b>86,63</b>	<b>86,36</b>	Melhor gestão do aç. Sucesso
Tamboril - 70% da demanda difusa	-	97,67	97,17	-
Tamboril - 30% da demanda difusa	-	<b>86,63</b>	<b>86,36</b>	Melhor gestão do aç. Sucesso
<b>Varjota (Município)</b>				
Varjota - Sede	-	100,00	99,76	-
Croatá - Distrito	-	100,00	99,76	-
Varjota - demanda difusa	-	100,00	99,76	-
<b>Nível de Atendimento das Demandas de Irrigação</b>				
Área Privada no Vale do Acaraú em Sobral - 24 h	-	97,29	91,67	-
Projeto Araras Norte - 3.225 ha	-	98,93	99,51	-
Projeto Baixo Acaraú Final - 12.760 ha e	-	100,00	98,30	-
Mancha de solos Margem Esquerda - 3.770 ha	-	100,00	98,30	-
Projeto Carão - 16 ha	-	97,09	90,00	-
Projeto Forquilha - 618 ha <sup>(2)</sup>	-	<b>77,71</b>	<b>84,92</b>	-
Mancha de Graça - 1.671 ha	-	97,38	98,38	-
Mancha de solos Ipueiras / Ipu - 283 ha	-	99,13	97,64	-
Projeto Jaibaras - 615 ha	-	98,64	98,30	-
Projeto Médio Acaraú - 200 ha	-	97,97	97,52	-

<sup>(1)</sup> Esta demanda não está prevista ser atendida pela Alternativa 1, somente pelas Alternativas 2 e 3, motivo pelo qual encontra-se com garantias abaixo de 90%.

<sup>(2)</sup> Não foi proposta nenhuma alternativa para solução dos déficits do Projeto Forquilha. Sugere-se a realização de um estudo específico para o local.



Quadro 3.1.2.b: Resultados do balanço hídrico, em termos de Garantia Mensal e das Vazões Médias Fornecidas, no atendimento das demandas dos municípios e de irrigação para o cenário da Alternativa 1 do Eixo de Integração da Ibiapaba, Ano 2030 - Bacia do Coreaú

DEMANDAS	Infra-estrutura Proposta Alternativa 1	Garantia Mensal (%)	Garantia das Vazões Médias Fornecidas (%)	Infra-estrutura Proposta - Alternativas Localizadas -
<b>Nível de Atendimento das Demandas Humanas, Industriais e Animais dos Municípios</b>				
<b>Alcântaras (Município)</b>				
Alcântaras - Sede	-	-	-	Pequena Açudagem na Serra da Meruoca
Alcântaras - demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea
<b>Barroquinha (Município)</b>				
Barroquinha - Sede	-	100,00	98,97	-
Bitupitá - Distrito	-	100,00	98,97	-
Barroquinha - demanda difusa	-	100,00	98,97	-
<b>Camocim (Município)</b>				
Camocim - Sede	-	94,96	99,30	-
Camocim - demanda difusa	-	94,96	99,30	-
<b>Chaval (Município)</b>				
Chaval - Sede	-	100,00	98,97	-
Chaval - demanda difusa	-	100,00	98,97	-
<b>Coreaú (Município)</b>				
Coreaú - Sede	-	98,45	95,74	-
Araquém - Distrito	-	100,00	95,83	-
Ubaúna - Distrito	Aç. Frecheirinha	96,61	95,83	-
Coreaú - 30% da demanda difusa	-	96,03	88,89	-
Coreaú - 70% da demanda difusa	-	-	-	Melhor exploração/gestão dos recursos hídricos locais
<b>Frecheirinha (Município)</b>				
Frecheirinha - Sede	Aç. Frecheirinha	96,61	95,83	-
Frecheirinha - demanda difusa	Aç. Frecheirinha	96,61	95,83	-
<b>Granja (Município)</b>				
Granja - Sede	-	94,96	99,30	-
Adrianópolis - Distrito	-	94,96	99,30	-
Ibuguaçu - Distrito	-	94,96	99,30	-
Parazinho - Distrito	-	94,96	99,30	-
Pessoa Anta - Distrito	-	94,96	99,30	-
Timonha - Distrito	-	94,96	99,30	-
Granja - demanda difusa	-	94,96	99,30	-
<b>Jijoca de Jericoacoara (Mun.)</b>				
Jijoca de Jericoacoara - Sede	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea e dos Lagos Litorâneos
Jijoca de Jericoacoara - demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea e dos Lagos Litorâneos
<b>Martinópolis (Município)</b>				
Martinópolis - Sede	-	100,00	96,97	-
Martinópolis - demanda difusa	-	100,00	96,97	-
<b>Moraújo (Município)</b>				
Moraújo - Sede	-	98,45	95,74	-
Moraújo - 40% da demanda difusa	-	96,90	96,30	-
Moraújo - 60% da demanda difusa	-	98,45	95,74	-
<b>Senador Sá (Município)</b>				
Senador Sá - Sede	-	96,90	96,30	-
Serota - Distrito	-	96,90	96,30	-
Senador Sá - 25% da demanda difusa	-	98,74	98,62	-
Senador Sá - 35% da demanda difusa	-	96,90	96,30	-
Senador Sá - 40% da demanda difusa	-	98,06	93,10	-
<b>Tianguá (Município)</b>				
Tianguá - Sede	-	100,00	99,89	-
Arapá - Distrito	-	100,00	95,83	-
Caruataí - Distrito	-	100,00	99,89	-
Tianguá - 20% da demanda difusa	-	100,00	95,83	-
Tianguá - 80% da demanda difusa	-	100,00	99,89	-
<b>Uruoca (Município)</b>				
Uruoca - Sede	-	96,90	96,30	-
Campanário - Distrito	-	96,90	96,30	-
Uruoca - demanda difusa	-	96,90	96,30	-
<b>Viçosa do Ceará (Município)</b>				
Viçosa do Ceará - Sede	-	100,00	99,89	-
Lambedouro - Distrito	Aç. Paula Pessoa	100,00	100,00	-
Quatiguaba - Distrito	-	100,00	99,89	-
Viçosa do Ceará - 65% da demanda difusa	-	100,00	99,89	-
Viçosa do Ceará - 35% da demanda difusa	-	-	-	Melhor exploração/gestão dos recursos hídricos locais



MONTGOMERY WATSON



Quadro 3.1.2.b: Resultados do balanço hídrico, em termos de Garantia Mensal e das Vazões Médias Fornecidas, no atendimento das demandas dos municípios e de irrigação para o cenário da Alternativa 1 do Eixo de Integração da Ibiapaba, Ano 2030 - Bacia do Coreaú

DEMANDAS	Infra-estrutura Proposta Alternativa 1	Garantia Mensal (%)	Garantia das Vazões Médias Fornecidas (%)	Infra-estrutura Proposta - Alternativas Localizadas -
<b>Nível de Atendimento das Demandas de Irrigação</b>				
Projeto Frecheirinha - 3.800 ha	-	93,80	94,08	-
Mancha de solos de Granja - 1.750 ha	-	94,96	95,26	-
Área Privada do Aç. Tucunduba - 97 ha	-	91,28	88,64	-
Projeto Tucunduba 1a. Etapa - 75 ha	-	91,38	88,64	-
Projeto Tucunduba 2a. Etapa - 150 ha	-	94,67	93,97	-
Projeto Val. Paraíso - 50 ha	-	97,38	93,33	-





Quadro 3.1.2.c: Resultados do balanço hídrico, em termos de Garantia Mensal e das Vazões Médias Fornecidas, no atendimento das demandas dos municípios e de irrigação para o cenário da Alternativa 1 do Eixo de Integração da Ibiapaba, Ano 2030 - Bacia do Poti

DEMANDAS	Infra-estrutura Proposta Alternativa 1	Garantia Mensal (%)	Garantia das Vazões Médias Fornecidas (%)	Infra-estrutura Proposta - Alternativas Localizadas -
<b>Nível de Atendimento das Demandas Humanas, Industriais e Animais dos Municípios</b>				
<b>Ararendá (Município)</b>				
Ararendá - Sede	Aç. Fronteiras	94,09	89,66	-
Santo Antônio - Distrito	Aç. Fronteiras	94,09	89,66	-
Ararendá - 50% da demanda difusa	Aç. Fronteiras	94,09	89,66	-
Ararendá - 50% da demanda difusa <sup>(1)</sup>	-	<b>82,27</b>	<b>83,01</b>	-
<b>Carnaubal (Município)</b>				
Carnaubal - Sede	-	100,00	99,89	-
Carnaubal - demanda difusa	-	100,00	99,89	-
<b>Crateús (Município)</b>				
Crateús - Sede	-	97,09	97,45	-
Ibiapaba - Distrito	Aç. Fronteiras	97,09	97,45	-
Montenebo - Distrito	-	-	-	Melhor exploração/gestão dos recursos hídricos locais
Crateús - 40% da demanda difusa	-	98,55	96,72	-
Crateús - 20% da demanda difusa <sup>(2)</sup>	-	<b>89,92</b>	<b>87,10</b>	-
Crateús - 40% da demanda difusa	-	<b>77,13</b>	<b>76,56</b>	Melhor gestão do Aç. Sucesso
<b>Croatá (Município)</b>				
Croatá - Sede	Aç. Inhuçu	100,00	100,00	-
Betânia (Distrito)	Aç. Inhuçu	100,00	100,00	-
Croatá - demanda difusa	Aç. Inhuçu	100,00	100,00	-
<b>Guaraciaba do Norte (Município)</b>				
Guaraciaba do Norte - Sede	-	100,00	99,89	-
Várzea dos Espinhos - Distrito	-	100,00	99,89	-
Morrinhos Novos - Distrito	-	100,00	99,89	-
Mucambo - Distrito	-	100,00	99,89	-
Guaraciaba do Norte - demanda difusa	-	100,00	99,89	-
<b>Ibiapina (Município)</b>				
Ibiapina - Sede	-	100,00	99,89	-
Ibiapina - demanda difusa	-	100,00	99,89	-
<b>Independência (Município)</b>				
Independência - Sede	-	97,29	96,74	-
Independência - 50% da demanda difusa	-	97,29	96,74	-
Independência - 50% da demanda difusa	-	99,13	98,25	-
<b>Ipaporanga (Município)</b>				
Ipaporanga - Sede	Aç. Fronteiras	94,09	91,84	-
Ipaporanga - demanda difusa	Aç. Fronteiras	94,09	91,84	-
<b>Novo Oriente (Município)</b>				
Novo Oriente - Sede	-	97,00	95,93	-
Novo Oriente - demanda difusa	-	97,00	95,93	-
<b>Poranga (Município)</b>				
Poranga - demandas difusas	-	100,00	100,00	-
Poranga - Sede	-	100,00	100,00	-
<b>Quiterianópolis (Município)</b>				
Quiterianópolis - Sede	-	<b>54,17</b>	<b>56,32</b>	Aç. Alto Poti
Quiterianópolis - demanda difusa	-	<b>54,17</b>	<b>56,32</b>	Aç. Alto Poti
<b>São Benedito (Município)</b>				
São Benedito - Sede	-	100,00	99,89	-
Inhuçu - Distrito	-	100,00	99,89	-
São Benedito - demanda difusa	-	100,00	99,89	-
<b>Ubajara (Município)</b>				
Ubajara - Sede	-	100,00	99,89	-
Araticum - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	100,00	100,00	-
Ubajara - 90% da demanda difusa	-	100,00	99,89	-
Ubajara - 10% da demanda difusa	Sistema Inhuçu/Lontras	100,00	100,00	-
<b>Nível de Atendimento das Demandas de Irrigação</b>				
Mancha de Solos Ararendá / Ipaporanga - 10.537	-	94,19	94,13	-
Projeto Ipaporanga / Boa Esperança - 1.710 ha	-	94,19	94,13	-
Projeto Graça - 1a. Etapa - 82 ha	-	96,90	93,75	-
Área Privada Jaburu I - 700 ha	-	99,81	99,68	-
Projeto Jaburu I - 75 ha	-	97,29	95,45	-
Área Privada do Aç. Jaburu II - 57 ha	-	97,38	96,15	-
Projeto Jaburu II - 95 ha	-	97,29	96,36	-
Projeto Realejo - 400 ha <sup>(2)</sup>	-	<b>76,16</b>	<b>82,97</b>	-

<sup>(1)</sup> Esta demanda não está prevista ser atendida pela Alternativa 1, somente pelas Alternativas 2 e 3, motivo pelo qual encontra-se com garantias abaixo de 90%.

<sup>(2)</sup> Estas demandas são abastecidas pelo Aç. Realejo, não estando previstas serem atendidas pela Alternativa 1, somente pelas Alternativas 2 e 3, motivo pelo qual encontram-se com garantias abaixo de 90%.

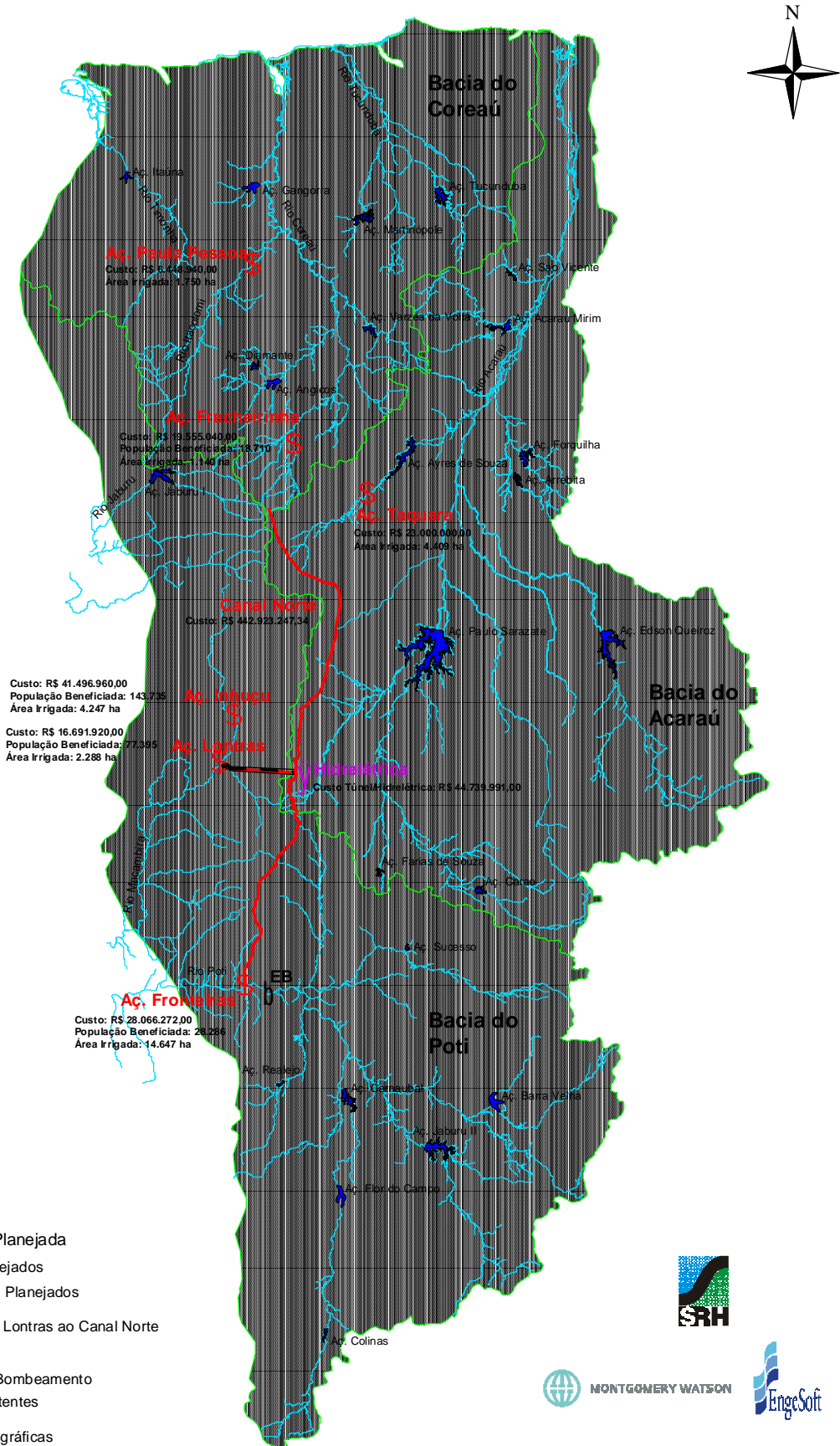


Figura 3.1.1: Infra-estrutura Hídrica Planejada da Alternativa 1 para o Eixo de Integração da Ibiapaba

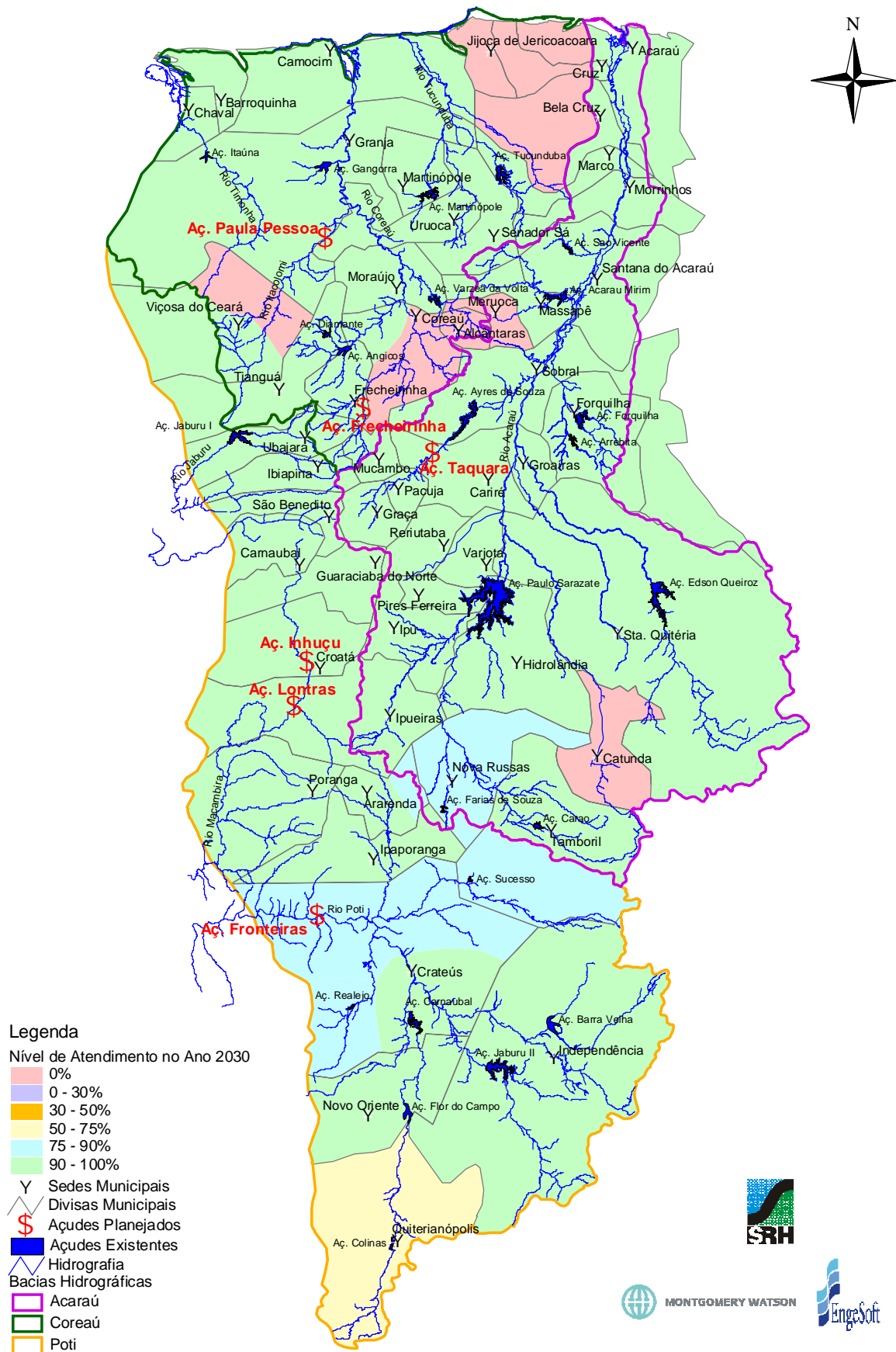


Figura 3.1.2: Nível de Atendimento das Demandas Humanas, Industrial e Animal dos Municípios das Bacias do Acaraú, Coreaú e Poti para o Cenário da Alternativa 1 no Ano 2.030

Para fins de quantificação dos benefícios gerados pela Alternativa 1, os quais são discutidos detalhadamente no capítulo 7, apresenta-se a seguir nos Quadros 3.1.3 e 3.1.4, a população beneficiada e as áreas irrigadas incrementais supridas pela infra-estrutura hídrica planejada na Alternativa 1.

Quadro 3.1.3 - População abastecida pela infra-estrutura hídrica planejada na Alternativa 1.

Demanda	População (hab)	Infra-estrutura Hídrica Planejada	
		Fonte Hídrica	Adução
Ararendá	11.235	Aç. Fronteiras	Canal Norte
Croatá	29.326	Aç. Inhuçu	-
Frecheirinha	18.710	Aç. Frecheirinha	-
Graça	26.483	Aç. Inhuçu e Lontras	Túnel/Canal Norte
Ipaporanga	17.051	Aç. Fronteiras	Canal Norte
Ipu (Distrito e Demanda Difusa)	30.272	Aç. Inhuçu e Lontras	Túnel/Canal Norte
Ipueiras	57.311	Aç. Inhuçu e Lontras	Túnel/Canal Norte
Mucambo	21.870	Aç. Inhuçu e Lontras	Túnel/Canal Norte
Pacujá	9.242	Aç. Inhuçu e Lontras	Túnel/Canal Norte
Pires Ferreira	19.578	Aç. Inhuçu e Lontras	Túnel/Canal Norte
Reriutaba (Demanda Difusa)	27.048	Aç. Inhuçu e Lontras	Túnel/Canal Norte
<b>Total</b>	<b>268.126</b>	-	-

Quadro 3.1.4 - Áreas irrigadas incrementais supridas pela infra-estrutura hídrica planejada na Alternativa 1.

Demanda	Area Irrigada (ha)	Infra-estrutura Hídrica Planejada	
		Fonte Hídrica	Adução
Mancha de Solos Ararenda/Ipaporanga	10.537	Aç. Fronteiras	Canal Norte
Mancha de Solos Baixo Acaraú Margem Esquerda	3.770	Aç. Fronteiras, Inhuçu, Lontras, Taquara	Túnel/Canal Norte
Mancha de Solos Frecheirinha	3.800	Aç. Frecheirinha, Inhuçu e Lontras	Túnel/Canal Norte
Mancha de Solos Graça	1.671	Aç. Inhuçu e Lontras	Túnel/Canal Norte
Mancha de Solos Granja	1.750	Aç. Paula Pessoa	Sistema de Adução e Distribuição do Aç. Paula Pessoa
Mancha de Solos Ipueiras/Ipu	283	Aç. Inhuçu e Lontras	Túnel/Canal Norte
Proj. Baixo Acaraú - 2a. etapa	4.760	Aç. Fronteiras, Inhuçu, Lontras, Taquara	Túnel/Canal Norte
Proj. Ipaporanga/Boa Esperança	1.710	Aç. Fronteiras	Canal Norte
Proj. Medio Acaraú	200	Aç. Fronteiras, Inhuçu, Lontras, Taquara	Túnel/Canal Norte
<b>Total</b>	<b>28.481</b>	-	-

Vale salientar que no Quadro 3.1.4 são apresentados os valores de áreas a serem irrigadas estritamente incrementais, ou seja, aquelas que serão supridas pela infra-estrutura planejada. Para se chegar a este resultado, foi simulado no HEC-3 o balanço hídrico das 3 (três) bacias hidrográficas para o cenário 2030 e verificou-se a capacidade máxima do sistema existente para irrigar novas áreas potenciais, especialmente nas regiões do médio e baixo vales do Acaraú. Concluiu-se que o sistema do vale do Acaraú, formado pelos açudes Paulo Sarasate, Edson Queiroz e Ayres de Souza, tem a capacidade máxima de suprir 7.703 ha adicionais de áreas irrigadas, considerando-se já implantada a parte da 1ª etapa do Projeto Baixo Acaraú (2016 ha). Esses 7.703 ha adicionais correspondem ao suprimento da 2ª etapa do Proj. Araras Norte - 1.619 ha e mais 6.084 ha complementares da 1ª etapa do Projeto Baixo Acaraú. Isto significa que a 2ª etapa deste projeto (4.760 ha) somente poderá ser suprida com o aumento da oferta hídrica na bacia do Acaraú.

### **3.2. BALANÇO HÍDRICO DA ALTERNATIVA 2**

O sistema resultante na Alternativa 2 tem a seguinte configuração do Quadro 3.2.1.

**Quadro 3.2.1 - Configuração Final da Alternativa 2**

Infra-Estrutura Planejada					
Açudagem	Capacidade (hm <sup>3</sup> )	Bacia Hidrográfica	Área da Bacia Hidrográfica (Km <sup>2</sup> )*	Vazão Regularizada (m <sup>3</sup> /s)	Garantia (%)
Fronteiras	950,00	Poti	5.866,22	9,0	95
Inhuçu	325,00	Poti	911,50	2,6	94
Lontras	142,00	Poti	515,45	1,4	95
Paula Pessoa	167,00	Coreaú	982,65	1,7	95
Frecheirinha	85,00	Coreaú	195,81	0,5	95
Taquara	278,80	Acaraú	558,80	2,9 <sup>3</sup>	90
Adução	Extensão (Km)	Bacia Hidrográfica	Fonte Hídrica		
Túnel do Aç. Lontras ao Canal Norte	18,0	Transposição Poti/Acaraú	Sistema composto pelos Aç. Inhuçu e Lontras		
Canal Norte	99,8	Transposição Poti/Acaraú	Aç. Fronteiras		
Adutora do Aç. Jaburu I	38,1	Transposição Poti/Acaraú	Aç. Jaburu I		
Canal Poti Sul	27,0	Poti	Aç. Fronteiras		
Adutora de Nova Russas	26,3 km	Acaraú	Sistema composto pelos Aç. Inhuçu e Lontras		
Geração de Energia	Capacidade	Bacia Hidrográfica	Fonte Hídrica		
Hidrelétrica	6 MW	Acaraú	Sistema composto pelos Aç. Inhuçu e Lontras		

(\*) A área da bacia hidrográfica refere-se à região não controlada pelos açudes de montante.

<sup>3</sup> A construção do aç. Taquara interfere decisivamente na capacidade de regularização do aç. Ayres de Souza, já existente. Este, atualmente, apresenta  $Q_{90} = 1,50\text{m}^3/\text{s}$ , passando a regularizar  $Q_{90} = 0,50\text{m}^3/\text{s}$  caso se construa o Taquara. Conclui-se, portanto, que a construção do aç. Taquara promoverá um ganho líquido em regularização de  $1,90\text{m}^3/\text{s}$  para o sistema.

Note-se que a principal diferença entre as alternativas 1 e 2 refere-se à extensão e, conseqüentemente, às demandas atendidas pelo Canal Norte, o qual transporta água do açude Fronteiras até a bacia do Acaraú. Uma vez que o Canal Norte se estenderá somente do açude Fronteiras até a chegada do túnel, as demandas dos municípios de Graça, Mucambo e Pacujá terão que ser atendidas por outra fonte. Sendo assim, propôs-se o atendimento das sedes e distritos com mais de 1.000 habitantes destes três municípios a partir do aç. Jaburu I. Neste caso, a adutora que abastecerá as sedes municipais de Graça, Mucambo e Pacujá será de água tratada, pois será uma ramificação da adutora da Ibiapaba, a qual conduz água tratada na ETA do aç. Jaburu I.

A outra principal alteração da Alternativa 2 em relação a 1 é a inclusão do Canal Poti Sul transportando água do açude Fronteiras em direção ao sul da bacia do Poti. O objetivo desta adução é aumentar a oferta hídrica desta região para a viabilização da implantação e ampliação de importantes projetos de irrigação previstos pela SEAGRI - Secretaria de Agricultura Irrigada do Estado nestas terras, dentre os quais estão: a ampliação do Projeto Graça, a implantação do Projeto Platô do Poti e a recuperação do Projeto Realejo. Na Alternativa 2, o Canal Poti Sul se estende do açude Fronteiras até o açude Realejo, compreendendo uma extensão de 27 km.

Nos quadros 3.2.2.a, 3.2.2.b e 3.2.2.c estão apresentados os resultados do balanço hídrico executado no HEC-3 para a Alternativa 2 em termos de *Garantia Mensal ( $G_M$ )* e *Garantia das Vazões Médias Fornecidas ( $G_V$ )*, para o período simulado 1912-1997. De forma mais detalhada, no Volume 6 - Estudos Hidrológicos estão apresentados graficamente o percentual de atendimento da demanda em função do volume anual requerido, para todas as demandas atendidas por esta alternativa.

Valem aqui as mesmas observações feitas para a Alternativa 1 com relação a forma de distribuição das demandas nos pontos de controle para simulação no HEC-3, como também o limite mínimo de 90% para a Garantia Mensal para se considerar uma demanda satisfatoriamente atendida. Para aquelas demandas que apresentarem Garantia Mensal inferior ao limite de 90% nos quadros 3.2.2.a, 3.2.2.b e 3.2.2.c, significa que seus déficits não serão sanados pela alternativa do eixo de integração, e sim por uma alternativa localizada.

Como já explicado no item 2.5, nem sempre foi possível atender todas as demandas deficitárias através de alternativas vinculadas ao eixo de integração. Sendo assim, algumas demandas têm seus problemas de déficits solucionados através de alternativas localizadas. Os quadros 3.2.2.a, 3.2.2.b e 3.2.2.c apresentam na última coluna as alternativas localizadas para aquelas demandas que não foram atendidas pela Alternativa 2.

A Figura 3.2.1 mostra a infra-estrutura planejada e respectivas demandas atendidas pela Alternativa 2, enquanto que a Figura 3.2.2 apresenta os municípios das bacias estudadas e o nível de atendimento às demandas humana, industrial, de turismo e animal para horizonte 2030 caso seja implantada a Alternativa 2.





Quadro 3.2.2.a: Resultados do balanço hídrico, em termos de Garantia Mensal e das Vazões Médias Fornecidas, no atendimento das demandas dos municípios e de irrigação para o cenário da Alternativa 2 do Eixo de Integração da Ibiapaba, Ano 2030 - Bacia do Acaraú

DEMANDAS	Infra-estrutura Proposta Alternativa 2	Garantia Mensal (%)	Garantia das Vazões Médias Fornecidas (%)	Infra-estrutura Proposta - Alternativas Localizadas -
<b>Nível de Atendimento das Demandas Humanas, Industriais e Animais dos Municípios</b>				
<b>Acaraú (Município)</b>				
Acaraú - Sede	-	96,03	95,87	-
Aranaú - Distrito	-	96,03	95,87	-
Juritianha - Distrito	-	96,03	95,87	-
Acaraú - 80% da demanda difusa	-	96,03	95,87	-
Acaraú - 20% da demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea e dos Lagos Litorâneos
<b>Bela Cruz (Município)</b>				
Bela Cruz - Sede	-	96,03	95,87	-
Bela Cruz - 40% da demanda difusa	-	96,03	95,87	-
Bela Cruz - 60% da demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea, Lagos e Pequenos Açudes da Região
<b>Cariré (Município)</b>				
Cariré - Sede	-	99,22	99,04	-
Cariré - demanda difusa	Aç. Taquara	100,00	100,00	-
<b>Catunda (Município)</b>				
Catunda - Sede	-	-	-	Aç. Carmina
Catunda - demanda difusa	-	-	-	Aç. Carmina
<b>Cruz (Município)</b>				
Cruz - Sede	-	96,03	95,87	-
Cruz - 20% da demanda difusa	-	96,03	95,87	-
Cruz - 80% da demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea e dos Lagos Litorâneos
<b>Forquilha (Município)</b>				
Forquilha - Sede	-	94,38	92,96	-
Forquilha - demanda difusa	-	94,38	92,96	-
<b>Graça (Município)</b>				
Graça - Sede	Adutora do Aç. Jaburu I	99,61	99,73	-
Lapa - Distrito	Adutora do Aç. Jaburu I	99,61	99,73	-
Graça - demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea
<b>Groaíras (Município)</b>				
Groaíras - Sede	-	95,06	94,96	-
Groaíras - demanda difusa	-	95,06	94,96	-
<b>Hidrolândia (Município)</b>				
Hidrolândia - Sede	-	99,22	99,04	-
Irajá - Distrito	-	99,22	99,04	-
Hidrolândia - demanda difusa	-	99,22	99,04	-
<b>Ipu (Município)</b>				
Ipu - Sede	-	99,22	99,04	-
Várzea do Giló - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	99,13	97,56	-
Ipu - demanda difusa	Sistema Inhuçu/Lontras	99,13	97,56	-
<b>Ipueiras (Município)</b>				
Ipueiras - Sede	Sistema Inhuçu/Lontras	94,09	92,06	-
América - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	94,09	92,06	-
Eng. São Tomé - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	94,09	92,06	-
Livramento - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	94,09	92,06	-
Matriz - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	94,09	92,06	-
Nova Fátima - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	94,09	92,06	-
Ipueiras - demanda difusa	Sistema Inhuçu/Lontras	94,09	92,06	-
<b>Marco (Município)</b>				
Marco - Sede	-	96,03	95,87	-
Panacuí - Distrito	-	96,03	95,87	-
Mocambo - Distrito	-	96,03	95,87	-
Marco - 50% da demanda difusa	-	96,03	95,87	-
Marco - 50% da demanda difusa	-	98,06	93,10	-
<b>Massapê (Município)</b>				
Massapê - Sede	-	100,00	99,04	-
Ipaguaçu - Distrito	-	100,00	99,04	-
Mumbaba - Distrito	-	100,00	99,04	-
Padre Linhares - Distrito	-	100,00	99,04	-
Tangente - Distrito	-	100,00	99,04	-
Tuina - Distrito	-	100,00	99,04	-
Massapê - demanda difusa	-	100,00	99,04	-
<b>Meruoca (Município)</b>				
Meruoca - Sede	-	-	-	Pequena Açudagem na Serra da Meruoca
Meruoca - demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea
<b>Mucambo (Município)</b>				
Mucambo - Sede	Adutora do Aç. Jaburu I	99,61	99,73	-
Mucambo - demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea



Quadro 3.2.2.a: Resultados do balanço hídrico, em termos de Garantia Mensal e das Vazões Médias Fornecidas, no atendimento das demandas dos municípios e de irrigação para o cenário da Alternativa 2 do Eixo de Integração da Ibiapaba, Ano 2030 - Bacia do Acaraú

DEMANDAS	Infra-estrutura Proposta Alternativa 2	Garantia Mensal (%)	Garantia das Vazões Médias Fornecidas (%)	Infra-estrutura Proposta - Alternativas Localizadas -
<b>Nível de Atendimento das Demandas Humanas, Industriais e Animais dos Municípios</b>				
<b>Morrinhos (Município)</b>				
Morrinhos - Sede	-	96,03	95,87	-
Sítio Alegre - Distrito	-	96,03	95,87	-
Morrinhos - demanda difusa	-	96,03	95,87	-
<b>Nova Russas (Município)</b>				
Nova Russas - Sede	Aç. Fronteiras	94,09	89,66	-
Canindezinho - Distrito	Aç. Fronteiras	94,09	89,66	-
Nova Betânia - Distrito	Aç. Fronteiras	94,09	89,66	-
São Pedro - Distrito	Aç. Fronteiras	94,09	89,66	-
Nova Russas - demanda difusa	Aç. Fronteiras	94,09	89,66	-
<b>Pacujá (Município)</b>				
Pacujá - Sede	Adutora do Aç. Jaburu I	99,61	99,73	-
Pacujá - demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea
<b>Pires Ferreira (Município)</b>				
Pires Ferreira - Sede	-	-	-	Adutora do Aç. Paulo Sarasate
Santo Izidoro - Distrito	-	-	-	Adutora do Aç. Paulo Sarasate
Pires Ferreira - demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea
<b>Reriutaba (Município)</b>				
Reriutaba - Sede	-	99,22	99,04	-
Amanaiara - Distrito	-	99,22	99,04	-
Reriutaba - demanda difusa	-	99,13	98,29	-
<b>Santa Quitéria (Município)</b>				
Santa Quitéria - Sede	-	95,06	94,96	-
Lisieux - Distrito	-	95,06	94,96	-
Macarau - Distrito	-	95,06	94,96	-
Santa Quitéria - demanda difusa	-	95,06	94,96	-
<b>Santana do Acaraú (Município)</b>				
Santana do Acaraú - Sede	-	98,55	97,71	-
Mutambeiras - Distrito	-	98,55	97,71	-
Parapui - Distrito	-	98,55	97,71	-
Santana do Acaraú - demanda difusa	-	98,55	97,71	-
<b>Sobral (Município)</b>				
Sobral - 26% da demanda do município	-	99,13	98,85	-
Sobral - 74% da demanda do município	-	95,16	95,11	-
<b>Tamboril (Município)</b>				
Tamboril - Sede	-	94,96	94,34	-
Boa Esperança - Distrito	-	94,96	94,34	-
Sucesso - Distrito	-	<b>86,63</b>	<b>86,36</b>	Melhor gestão do aç. Sucesso
Tamboril - 70% da demanda difusa	-	94,96	94,34	-
Tamboril - 30% da demanda difusa	-	<b>86,63</b>	<b>86,36</b>	Melhor gestão do aç. Sucesso
<b>Varjota (Município)</b>				
Varjota - Sede	-	99,22	99,04	-
Croatá - Distrito	-	99,22	99,04	-
Varjota - demanda difusa	-	99,22	99,04	-
<b>Nível de Atendimento das Demandas de Irrigação</b>				
Mancha de Solos dos Aluviões do Médio Acaraú - 1.858 ha	-	92,44	96,49	-
Área Privada no Vale do Acaraú em Sobral - 24 ha	-	96,12	91,67	-
Projeto Araras Norte 1a. e 2a. Etapas - 3.225 ha	-	98,93	98,81	-
Projeto Baixo Acaraú 1a. e 2a. Etapas - 12.760 ha	-	94,86	94,84	-
Projeto Baixo Acaraú margem esquerda	-	94,57	94,49	-
Projeto Carão - 16 ha	-	94,96	80,00	-
Projeto Forquilha - 618 ha <sup>(1)</sup>	-	<b>77,71</b>	<b>84,92</b>	-
Projeto Jaibaras - 615 ha	-	95,64	95,17	-
Projeto Médio Acaraú - 200 ha	-	97,29	96,69	-

<sup>(1)</sup> Não foi proposta nenhuma alternativa para solução dos déficits do Projeto Forquilha. Sugere-se a realização de um estudo específico para o local.



MONTGOMERY WATSON



Quadro 3.2.2.b: Resultados do balanço hídrico, em termos de Garantia Mensal e das Vazões Médias Fornecidas, no atendimento das demandas dos municípios e de irrigação para o cenário da Alternativa 2 do Eixo de Integração da Ibiapaba, Ano 2030 - Bacia do Coreaú

DEMANDAS	Infra-estrutura Proposta Alternativa 2	Garantia Mensal (%)	Garantia das Vazões Médias Fornecidas (%)	Infra-estrutura Proposta - Alternativas Localizadas -
<b>Nível de Atendimento das Demandas Humanas, Industriais e Animais dos Municípios</b>				
<b>Alcântaras (Município)</b>				
Alcântaras - Sede	-	-	-	Pequena Açudagem na Serra da Meruoca
Alcântaras - demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea
<b>Barroquinha (Município)</b>				
Barroquinha - Sede	-	100,00	98,97	-
Bitupitã - Distrito	-	100,00	98,97	-
Barroquinha - demanda difusa	-	100,00	98,97	-
<b>Camocim (Município)</b>				
Camocim - Sede	-	96,03	99,06	-
Camocim - demanda difusa	-	96,03	99,06	-
<b>Chaval (Município)</b>				
Chaval - Sede	-	100,00	98,97	-
Chaval - demanda difusa	-	100,00	98,97	-
<b>Coreaú (Município)</b>				
Coreaú - Sede	-	93,60	91,49	-
Araquém - Distrito	-	100,00	95,83	-
Ubaúna - Distrito	Aç. Frecheirinha	94,96	94,87	-
Coreaú - 30% da demanda difusa	-	95,74	88,89	-
Coreaú - 70% da demanda difusa	-	-	-	Melhor exploração/gestão dos recursos hídricos locais
<b>Frecheirinha (Município)</b>				
Frecheirinha - Sede	Aç. Frecheirinha	94,96	94,87	-
Frecheirinha - demanda difusa	Aç. Frecheirinha	94,96	94,87	-
<b>Granja (Município)</b>				
Granja - Sede	-	96,03	99,06	-
Adrianópolis - Distrito	-	96,03	99,06	-
Ibuguaçu - Distrito	-	96,03	99,06	-
Parazinho - Distrito	-	96,03	99,06	-
Pessoa Anta - Distrito	-	96,03	99,06	-
Timonha - Distrito	-	96,03	99,06	-
Granja - demanda difusa	-	96,03	99,06	-
<b>Jijoca de Jericoacoara (Mun.)</b>				
Jijoca de Jericoacoara - Sede	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea e dos Lagos Litorâneos
Jijoca de Jericoacoara - demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea e dos Lagos Litorâneos
<b>Martinópolis (Município)</b>				
Martinópolis - Sede	-	100,00	96,97	-
Martinópolis - demanda difusa	-	100,00	96,97	-
<b>Moraújo (Município)</b>				
Moraújo - Sede	-	93,60	91,49	-
Moraújo - 40% da demanda difusa	-	96,03	95,06	-
Moraújo - 60% da demanda difusa	-	93,60	91,49	-
<b>Senador Sá (Município)</b>				
Senador Sá - Sede	-	96,03	95,06	-
Serrota - Distrito	-	96,03	95,06	-
Senador Sá - 25% da demanda difusa	-	96,03	95,87	-
Senador Sá - 35% da demanda difusa	-	96,03	95,06	-
Senador Sá - 40% da demanda difusa	-	98,06	93,10	-
<b>Tianguá (Município)</b>				
Tianguá - Sede	-	99,61	99,73	-
Arapá - Distrito	-	100,00	95,83	-
Caruataí - Distrito	-	99,61	99,73	-
Tianguá - 20% da demanda difusa	-	100,00	95,83	-
Tianguá - 80% da demanda difusa	-	99,61	99,73	-
<b>Uruoca (Município)</b>				
Uruoca - Sede	-	96,03	95,06	-
Campanário - Distrito	-	96,03	95,06	-
Uruoca - demanda difusa	-	96,03	95,06	-
<b>Viçosa do Ceará (Município)</b>				
Viçosa do Ceará - Sede	-	99,61	99,73	-
Lambedouro - Distrito	Aç. Paula Pessoa	100,00	100,00	-
Quatiguaba - Distrito	-	99,61	99,73	-
Viçosa do Ceará - 65% da demanda difusa	-	99,61	99,73	-
Viçosa do Ceará - 35% da demanda difusa	-	-	-	Melhor exploração/gestão dos recursos hídricos locais
<b>Nível de Atendimento das Demandas de Irrigação</b>				
Projeto Frecheirinha - 1.140 ha	-	94,96	82,45	-
Mancha de solos de Granja - 1.750 ha	-	95,16	95,26	-
Área Privada do Aç. Tucunduba - 97 ha	-	91,28	88,64	-
Projeto Tucunduba 1a. Etapa - 75 ha	-	91,38	88,64	-
Projeto Tucunduba 2a. Etapa - 150 ha	-	94,67	93,97	-
Projeto Val. Paraíso - 50 ha	-	96,22	90,00	-



Quadro 3.2.2.c: Resultados do balanço hídrico, em termos de Garantia Mensal e das Vazões Médias Fornecidas, no atendimento das demandas dos municípios e de irrigação para o cenário da Alternativa 2 do Eixo de Integração da Ibiapaba, Ano 2030 - Bacia do Poti

DEMANDAS	Infra-estrutura Proposta Alternativa 2	Garantia Mensal (%)	Garantia das Vazões Médias Fornecidas (%)	Infra-estrutura Proposta - Alternativas Localizadas -
<b>Nível de Atendimento das Demandas Humanas, Industriais e Animais dos Municípios</b>				
<b>Ararendá (Município)</b>				
Ararendá - Sede	Aç. Fronteiras	94,09	89,66	-
Santo Antônio - Distrito	Aç. Fronteiras	94,09	89,66	-
Ararendá - 50% da demanda difusa	Aç. Fronteiras	94,09	89,66	-
Ararendá - 50% da demanda difusa	Aç. Fronteiras	94,09	89,66	-
<b>Carnaubal (Município)</b>				
Carnaubal - Sede	-	99,61	99,73	-
Carnaubal - demanda difusa	-	99,61	99,73	-
<b>Crateús (Município)</b>				
Crateús - Sede	-	97,09	97,45	-
Ibiapaba - Distrito	Aç. Fronteiras	97,09	97,45	-
Montenebo - Distrito	-	-	-	Melhor exploração/gestão dos recursos hídricos locais
Crateús - 40% da demanda difusa	-	98,55	96,72	-
Crateús - 20% da demanda difusa	Aç. Fronteiras	95,54	93,55	-
Crateús - 40% da demanda difusa	-	<b>77,13</b>	<b>76,56</b>	Melhor gestão do Aç. Sucesso
<b>Croatá (Município)</b>				
Croatá - Sede	Aç. Inhuçu	100,00	100,00	-
Betânia (Distrito)	Aç. Inhuçu	100,00	100,00	-
Croatá - demanda difusa	Aç. Inhuçu	100,00	100,00	-
<b>Guaraciaba do Norte (Município)</b>				
Guaraciaba do Norte - Sede	-	99,61	99,73	-
Várzea dos Espinhos - Distrito	-	99,61	99,73	-
Morrinhos Novos - Distrito	-	99,61	99,73	-
Mucambo - Distrito	-	99,61	99,73	-
Guaraciaba do Norte - demanda difusa	-	99,61	99,73	-
<b>Ibiapina (Município)</b>				
Ibiapina - Sede	-	99,61	99,73	-
Ibiapina - demanda difusa	-	99,61	99,73	-
<b>Independência (Município)</b>				
Independência - Sede	-	97,29	96,74	-
Independência - 50% da demanda difusa	-	97,29	96,74	-
Independência - 50% da demanda difusa	-	99,13	98,25	-
<b>Ipaporanga (Município)</b>				
Ipaporanga - Sede	Aç. Fronteiras	94,09	91,84	-
Ipaporanga - demanda difusa	Aç. Fronteiras	94,09	91,84	-
<b>Novo Oriente (Município)</b>				
Novo Oriente - Sede	-	97,00	95,93	-
Novo Oriente - demanda difusa	-	97,00	95,93	-
<b>Poranga (Município)</b>				
Poranga - demandas difusas	-	100,00	100,00	-
Poranga - Sede	-	100,00	100,00	-
<b>Quiterianópolis (Município)</b>				
Quiterianópolis - Sede	-	<b>54,17</b>	<b>56,32</b>	Aç. Alto Poti
Quiterianópolis - demanda difusa	-	<b>54,17</b>	<b>56,32</b>	Aç. Alto Poti
<b>São Benedito (Município)</b>				
São Benedito - Sede	-	99,61	99,73	-
Inhuçu - Distrito	-	99,61	99,73	-
São Benedito - demanda difusa	-	99,61	99,73	-
<b>Ubajara (Município)</b>				
Ubajara - Sede	-	99,61	99,73	-
Araticum - Distrito	-	-	-	Melhor exploração/gestão dos recursos hídricos locais
Ubajara - 90% da demanda difusa	-	99,61	99,73	-
Ubajara - 10% da demanda difusa	-	-	-	Melhor exploração/gestão dos recursos hídricos locais
<b>Nível de Atendimento das Demandas de Irrigação</b>				
Mancha de Solos Ararendá / Ipaporanga - 10.537 ha	-	94,19	94,13	-
Projeto Graça - 1a. Etapa - 82 ha	-	96,90	93,75	-
Ampliação do Projeto Graça - 373 ha	-	94,57	94,61	-
Projeto Platô do Poti Área 1 - 2.800 ha	-	94,57	94,61	-
Projeto Platô do Poti Área 2 - 600 ha	-	94,57	94,61	-
Área Privada Jaburu I - 700 ha	-	99,42	99,04	-
Projeto Jaburu I - 75 ha	-	96,12	93,18	-
Área Privada do Aç. Jaburu II - 57 ha	-	97,38	96,15	-
Projeto Jaburu II - 95 ha	-	97,29	96,36	-
Projeto Realejo - 400 ha	-	95,25	95,20	-

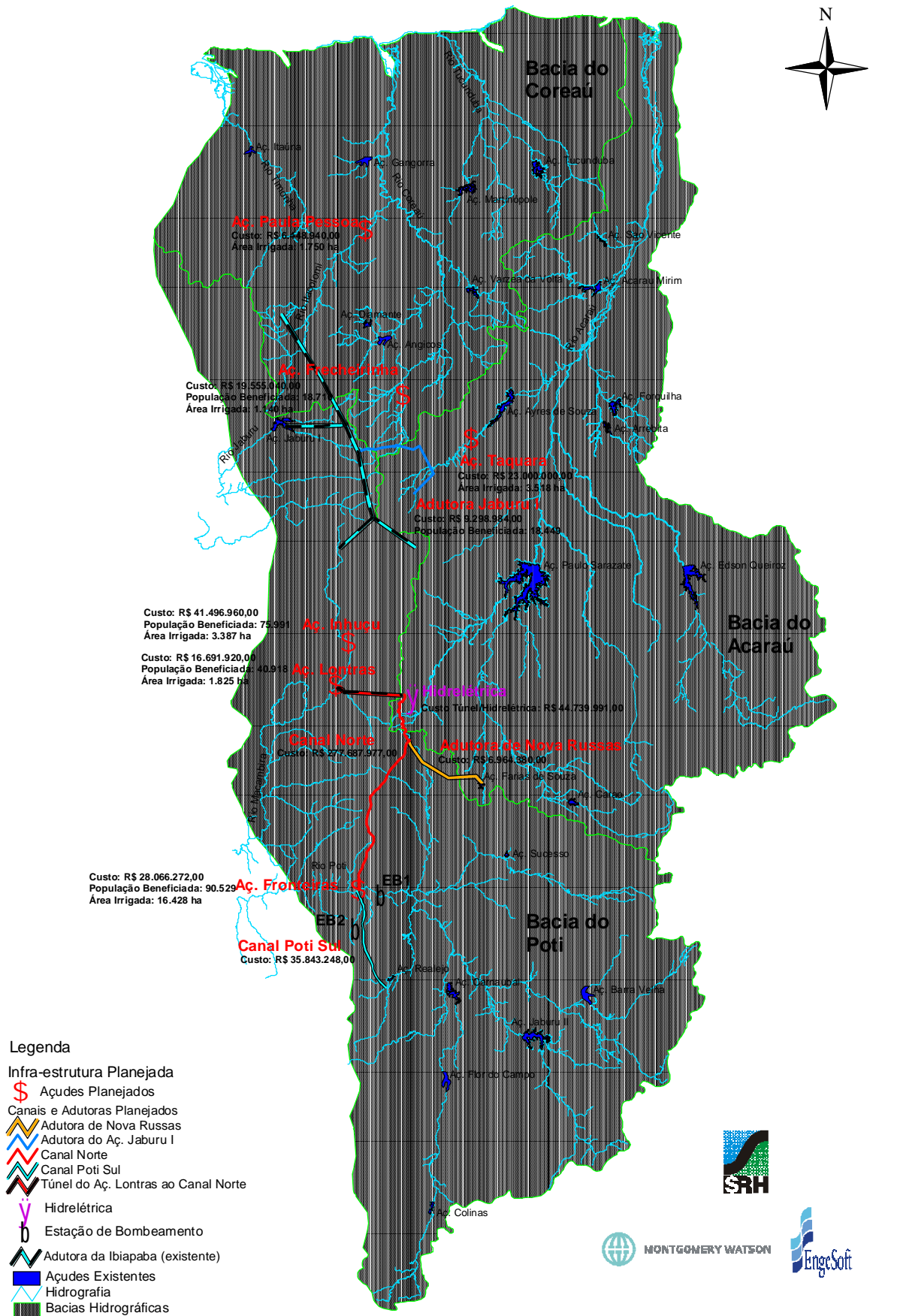


Figura 3.2.1: Infra-estrutura Hídrica Planejada da Alternativa 2 para o Eixo de Integração da Ibiapaba

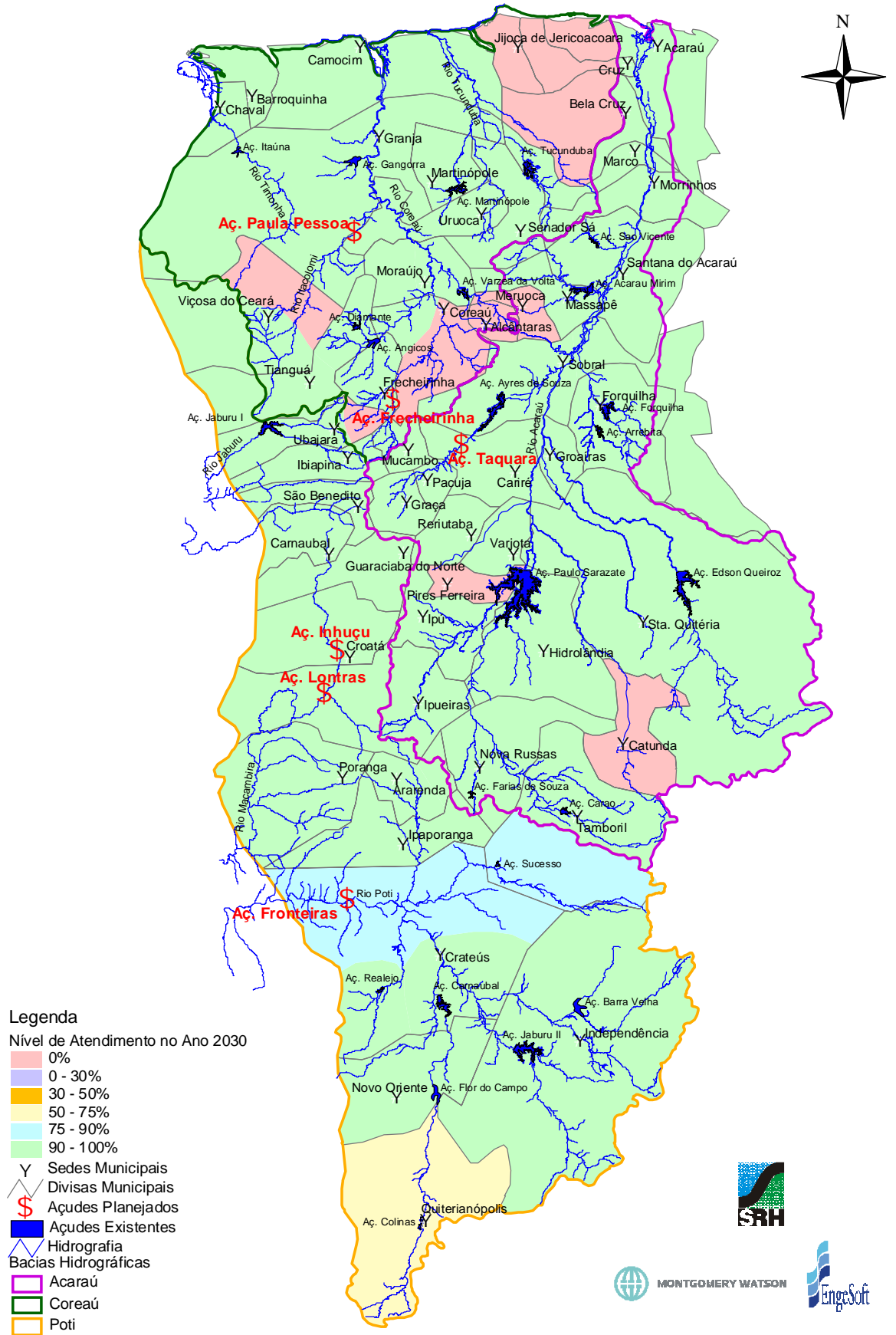


Figura 3.2.2: Nível de Atendimento das Demandas Humanas, Industrial e Animal dos Municípios das Bacias do Acaraú, Coreaú e Poti para o Cenário da Alternativa 2 no Ano 2.030

A população beneficiada e as áreas irrigadas supridas pela infra-estrutura hídrica planejada na Alternativa 2 estão listadas nos Quadros 3.2.3 e 3.2.4.

Quadro 3.2.3 - População abastecida pela infra-estrutura hídrica planejada na Alternativa 2.

Demanda	População (hab)	Infra-estrutura Hídrica Planejada	
		Fonte Hídrica	Adução
Ararendá	16.185	Aç. Fronteiras	Canal Norte
Crateús (20% Demanda Difusa)	7.340	Aç. Fronteiras	Canal Poti Sul
Croatá	29.326	Aç. Inhuçu	-
Frecheirinha	18.710	Aç. Frecheirinha	-
Graça	5.851	Aç. Jaburu I	Adutora de Mucambo/Pacujá/Graça
Ipaporanga	17.051	Aç. Fronteiras	Canal Norte
Ipu (Distrito e Demanda Difusa)	30.272	Aç. Inhuçu Lontras	Túnel
Ipueiras	57.311	Aç. Inhuçu Lontras	Túnel/Canal Norte
Mucambo	8.415	Aç. Jaburu I	Adutora de Mucambo/Pacujá/Graça
Nova Russas	49.953	Aç. Fronteiras	Canal Norte/Adutora de Nova Russas
Pacujá	4.183	Aç. Jaburu I	Adutora de Mucambo/Pacujá/Graça
Total	244.597	-	-

Quadro 3.2.4 - Áreas irrigadas incrementais supridas pela infra-estrutura hídrica planejada na Alternativa 2.

Demanda	Area Irrigada (ha)	Infra-estrutura Hídrica Planejada	
		Fonte Hídrica	Adução
Mancha de Solos Ararendá/Ipaporanga	10.537	Aç. Fronteiras	Canal Norte
Mancha de Solos Frecheirinha	1.140	Aç. Frecheirinha	Sistema de Adução e Distribuição do Aç. Frecheirinha
Mancha de Solos Granja	1.750	Aç. Paula Pessoa	Sistema de Adução e Distribuição do Aç. Paula Pessoa
Mancha de Solos Margem Esquerda	3.770	Aç. Fronteiras, Inhuçu, Lontras, Taquara	Túnel/Canal Norte

Continuação do quadro 3.2.4

Demanda	Area Irrigada (ha)	Infra-estrutura Hídrica Planejada	
		Fonte Hídrica	Adução
Proj. Baixo Acarau - 2a. etapa	4.760	Aç. Fronteiras, Inhuçu, Lontras, Taquara	Túnel/Canal Norte
Proj. Ipaporanga/Boa Esperança	1.710	Aç. Fronteiras	Canal Norte
Proj. Graça - Ampliação	373	Aç. Fronteiras	Canal Poti Sul
Proj. Medio Acarau	200	Aç. Fronteiras, Inhuçu, Lontras, Taquara	Túnel/Canal Norte
Proj. Platô do Poti - Área 1	2.800	Aç. Fronteiras	Canal Poti Sul
Proj. Platô do Poti - Área 2	600	Aç. Fronteiras	Canal Poti Sul
Proj. Realejo	400	Aç. Fronteiras	Canal Poti Sul
Total	28.040	-	-

Vale para o Quadro 3.2.4 a mesma observação feita para o Quadro 3.1.4 com relação às áreas irrigadas incrementais, ou seja, os valores de áreas a serem irrigadas apresentados naquele são estritamente incrementais, referindo-se às áreas irrigadas que serão supridas pela infraestrutura planejada.

### 3.3. BALANÇO HÍDRICO DA ALTERNATIVA 3

O sistema resultante na Alternativa 3 tem a seguinte configuração do Quadro 3.3.1.



**Quadro 3.3.1 - Configuração Final da Alternativa 3**  
**Infra-Estrutura Planejada**

<b>Açudagem</b>	<b>Capacidade (hm<sup>3</sup>)</b>	<b>Bacia Hidrográfica</b>	<b>Área da Bacia Hidrográfica (Km<sup>2</sup>)*</b>	<b>Vazão Regularizada (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Garantia (%)</b>
Fronteiras	950,00	Poti	5.866,22	9,0	95
Inhuçu	325,00	Poti	911,50	2,6	94
Lontras	142,00	Poti	515,45	1,4	95
Paula Pessoa	167,00	Coreaú	982,65	1,7	95
Frecheirinha	85,00	Coreaú	195,81	0,5	95
Taquara	278,80	Acaraú	558,80	2,9 <sup>4</sup>	90
<b>Adução</b>	<b>Extensão (Km)</b>	<b>Bacia Hidrográfica</b>	<b>Fonte Hídrica</b>		
Túnel do Aç. Lontras à Hidrelétrica	18,0	Transposição Poti/Acaraú	Sistema composto pelos Aç. Inhuçu e Lontras		
Adutora do Aç. Jaburu I	38,1	Transposição Poti/Acaraú	Aç. Jaburu I		
Canal Poti Sul	107,7	Poti	Aç. Fronteiras		
Adutora de Ararendá/Ipaporanga/Nova Russas	103,1	Poti e Acaraú	Sistema composto pelos Aç. Inhuçu e Lontras		
<b>Geração de Energia</b>	<b>Capacidade</b>	<b>Bacia Hidrográfica</b>	<b>Fonte Hídrica</b>		
Hidrelétrica	6 MW	Acaraú	Sistema composto pelos Aç. Inhuçu e Lontras		

(\*) A área da bacia hidrográfica refere-se à região não controlada pelos açudes de montante.

<sup>4</sup> A construção do aç. Taquara interfere decisivamente na capacidade de regularização do aç. Ayres de Souza, já existente. Este, atualmente, apresenta  $Q_{90} = 1,50\text{m}^3/\text{s}$ , passando a regularizar  $Q_{90} = 0,50\text{m}^3/\text{s}$  caso se construa o Taquara. Conclui-se, portanto, que a construção do aç. Taquara promoverá um ganho líquido em regularização de  $1,90\text{m}^3/\text{s}$  para o sistema.

A principal diferença entre as Alternativas 2 e 3 é que não existe mais a transposição do açude Fronteiras para a bacia do Acaraú, ou seja, não existe na Alternativa 3 o Canal Norte. Nesta última, a disponibilidade hídrica do açude Fronteiras se concentrará no abastecimento das demandas difusas e, principalmente, da irrigação ao longo do Canal Poti Sul. Este canal corta uma região de solos podzólico vermelho amarelo equivalente eutrófico, com alto potencial para a irrigação, localizado nos municípios de Crateús e Novo Oriente, tendo sido denominada neste trabalho de Mancha de Solos Poti Sul.

A adutora de Novas Russas da Alternativa 2 passa a se denominar nesta alternativa de Adutora Ararendá/Ipaporanga/Nova Russas, pois esta irá abastecer tais municípios.

Nos quadros 3.3.2.a, 3.3.2.b e 3.3.2.c estão apresentados os resultados do balanço hídrico executado no HEC-3 para a Alternativa 3 em termos de *Garantia Mensal ( $G_M$ )* e *Garantia das Vazões Médias Fornecidas ( $G_V$ )*, para o período simulado 1912-1997. De forma mais detalhada, no Volume 6 - Estudos Hidrológicos estão apresentados graficamente o percentual de atendimento da demanda em função do volume anual requerido, para todas as demandas atendidas por esta alternativa.

Valem aqui as mesmas observações feitas para a Alternativa 1 com relação a forma de distribuição das demandas nos pontos de controle para simulação no HEC-3, como também o limite mínimo de 90% para a Garantia Mensal para se considerar uma demanda satisfatoriamente atendida. Para aquelas demandas que apresentarem Garantia Mensal inferior ao limite de 90% nos quadros 3.3.2.a, 3.3.2.b e 3.3.2.c, significa que seus déficits não serão sanados pela alternativa do eixo de integração, e sim por uma alternativa localizada.

Como já explicado no item 2.5, nem sempre foi possível atender todas as demandas deficitárias através de alternativas vinculadas ao eixo de integração. Sendo assim, algumas demandas têm seus problemas de déficits solucionados através de alternativas localizadas. Os quadros 3.3.2.a, 3.3.2.b e 3.3.2.c apresentam na última coluna as alternativas localizadas para aquelas demandas que não foram atendidas pela Alternativa 3.

A Figura 3.3.1 mostra a infra-estrutura planejada e respectivas demandas atendidas pela Alternativa 3, enquanto que a Figura 3.3.2 apresenta os municípios das bacias estudadas e o nível de atendimento às demandas humana, industrial, de turismo e animal para horizonte 2030 caso seja implantada a Alternativa 3.



Quadro 3.3.2.a: Resultados do balanço hídrico, em termos de Garantia Mensal e das Vazões Médias Fornecidas, no atendimento das demandas dos municípios e de irrigação para o cenário da Alternativa 3 do Eixo de Integração da Ibiapaba, Ano 2030 - Bacia do Acaraú

DEMANDAS	Infra-estrutura Proposta Alternativa 3	Garantia Mensal (%)	Garantia das Vazões Médias Fornecidas (%)	Infra-estrutura Proposta - Alternativas Localizadas -
<b>Nível de Atendimento das Demandas Humanas, Industriais e Animais dos Municípios</b>				
<b>Acaraú (Município)</b>				
Acaraú - Sede	-	93,90	93,40	-
Aranaú - Distrito	-	93,90	93,40	-
Juritianha - Distrito	-	93,90	93,40	-
Acaraú - 80% da demanda difusa	-	93,90	93,40	-
Acaraú - 20% da demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea e dos Lagos Litorâneos
<b>Bela Cruz (Município)</b>				
Bela Cruz - Sede	-	93,90	93,40	-
Bela Cruz - 40% da demanda difusa	-	93,90	93,40	-
Bela Cruz - 60% da demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea, Lagos e Pequenos Acudes da Região
<b>Cariré (Município)</b>				
Cariré - Sede	-	98,26	98,09	-
Cariré - demanda difusa	Aç. Taquara	100,00	100,00	-
<b>Catunda (Município)</b>				
Catunda - Sede	-	-	-	Aç. Carmina
Catunda - demanda difusa	-	-	-	Aç. Carmina
<b>Cruz (Município)</b>				
Cruz - Sede	-	93,90	93,40	-
Cruz - 20% da demanda difusa	-	93,90	93,40	-
Cruz - 80% da demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea e dos Lagos Litorâneos
<b>Forquilha (Município)</b>				
Forquilha - Sede	-	93,51	92,96	-
Forquilha - demanda difusa	-	93,51	92,96	-
<b>Graça (Município)</b>				
Graça - Sede	Adutora do Aç. Jaburu I	99,61	99,73	-
Lapa - Distrito	Adutora do Aç. Jaburu I	99,61	99,73	-
Graça - demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea
<b>Groaíras (Município)</b>				
Groaíras - Sede	-	94,09	93,88	-
Groaíras - demanda difusa	-	94,09	93,88	-
<b>Hidrolândia (Município)</b>				
Hidrolândia - Sede	-	98,26	98,09	-
Irajá - Distrito	-	98,26	98,09	-
Hidrolândia - demanda difusa	-	98,26	98,09	-
<b>Ipu (Município)</b>				
Ipu - Sede	-	98,26	98,09	-
Várzea do Giló - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	99,13	97,56	-
Ipu - demanda difusa	Sistema Inhuçu/Lontras	99,13	97,56	-
<b>Ipueiras (Município)</b>				
Ipueiras - Sede	Sistema Inhuçu/Lontras	96,51	96,35	-
América - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	96,51	96,35	-
Eng. São Tomé - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	96,51	96,35	-
Livramento - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	96,51	96,35	-
Matriz - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	96,51	96,35	-
Nova Fátima - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	96,51	96,35	-
Ipueiras - demanda difusa	Sistema Inhuçu/Lontras	96,51	96,35	-
<b>Marco (Município)</b>				
Marco - Sede	-	93,90	93,40	-
Panacuí - Distrito	-	93,90	93,40	-
Mocambo - Distrito	-	93,90	93,40	-
Marco - 50% da demanda difusa	-	93,90	93,40	-
Marco - 50% da demanda difusa	-	98,06	93,10	-
<b>Massapê (Município)</b>				
Massapê - Sede	-	100,00	99,04	-
Ipaguaçu - Distrito	-	100,00	99,04	-
Mumbaba - Distrito	-	100,00	99,04	-
Padre Linhares - Distrito	-	100,00	99,04	-
Tangente - Distrito	-	100,00	99,04	-
Tuina - Distrito	-	100,00	99,04	-
Massapê - demanda difusa	-	100,00	99,04	-
<b>Meruoca (Município)</b>				
Meruoca - Sede	-	-	-	Pequena Açudagem na Serra da Meruoca
Meruoca - demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea
<b>Mucambo (Município)</b>				
Mucambo - Sede	Adutora do Aç. Jaburu I	99,61	99,73	-
Mucambo - demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea



Quadro 3.3.2.a: Resultados do balanço hídrico, em termos de Garantia Mensal e das Vazões Médias Fornecidas, no atendimento das demandas dos municípios e de irrigação para o cenário da Alternativa 3 do Eixo de Integração da Ibiapaba, Ano 2030 - Bacia do Acaraú

DEMANDAS	Infra-estrutura Proposta Alternativa 3	Garantia Mensal (%)	Garantia das Vazões Médias Fornecidas (%)	Infra-estrutura Proposta - Alternativas Localizadas -
<b>Nível de Atendimento das Demandas Humanas, Industriais e Animais dos Municípios</b>				
<b>Morrinhos (Município)</b>				
Morrinhos - Sede	-	93,90	93,40	-
Sítio Alegre - Distrito	-	93,90	93,40	-
Morrinhos - demanda difusa	-	93,90	93,40	-
<b>Nova Russas (Município)</b>				
Nova Russas - Sede	Sistema Inhuçu/Lontras	97,58	98,04	-
Canindezinho - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	97,58	98,04	-
Nova Betânia - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	97,58	98,04	-
São Pedro - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	97,58	98,04	-
Nova Russas - demanda difusa	Sistema Inhuçu/Lontras	97,58	98,04	-
<b>Pacujá (Município)</b>				
Pacujá - Sede	Adutora do Aç. Jaburu I	99,61	99,73	-
Pacujá - demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea
<b>Pires Ferreira (Município)</b>				
Pires Ferreira - Sede	-	-	-	Adutora do Aç. Paulo Sarasate
Santo Izidoro - Distrito	-	-	-	Adutora do Aç. Paulo Sarasate
Pires Ferreira - demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea
<b>Reriutaba (Município)</b>				
Reriutaba - Sede	-	98,26	98,09	-
Amanaiara - Distrito	-	98,26	98,09	-
Reriutaba - demanda difusa	-	99,13	98,29	-
<b>Santa Quitéria (Município)</b>				
Santa Quitéria - Sede	-	94,09	93,88	-
Lisieux - Distrito	-	94,09	93,88	-
Macarau - Distrito	-	94,09	93,88	-
Santa Quitéria - demanda difusa	-	94,09	93,88	-
<b>Santana do Acaraú (Município)</b>				
Santana do Acaraú - Sede	-	96,90	96,95	-
Mutambeiras - Distrito	-	96,90	96,95	-
Parapui - Distrito	-	96,90	96,95	-
Santana do Acaraú - demanda difusa	-	96,90	96,95	-
<b>Sobral (Município)</b>				
Sobral - 26% da demanda do município	-	97,77	97,13	-
Sobral - 74% da demanda do município	-	94,09	94,04	-
<b>Tamboril (Município)</b>				
Tamboril - Sede	-	94,96	94,34	-
Boa Esperança - Distrito	-	94,96	94,34	-
Sucesso - Distrito	-	<b>86,63</b>	<b>86,36</b>	Melhor gestão do aç. Sucesso
Tamboril - 70% da demanda difusa	-	94,96	94,34	-
Tamboril - 30% da demanda difusa	-	<b>86,63</b>	<b>86,36</b>	Melhor gestão do aç. Sucesso
<b>Varjota (Município)</b>				
Varjota - Sede	-	98,26	98,09	-
Croatá - Distrito	-	98,26	98,09	-
Varjota - demanda difusa	-	98,26	98,09	-
<b>Nível de Atendimento das Demandas de Irrigação</b>				
Mancha de solos dos Aluviões do Médio Acaraú - 1.858 ha	-	92,34	95,04	-
Projeto Araras Norte 1a. e 2a. Etapas - 3.225 ha	-	97,67	97,94	-
Área Privada no Vale do Acaraú em Sobral - 24 ha	-	95,35	83,33	-
Projeto Baixo Acaraú 1a. e 2a. Etapas - 12.760 ha	-	93,22	93,71	-
Projeto Carão - 16 ha	-	94,48	80,00	-
Projeto Forquilha - 618 ha <sup>(1)</sup>	-	<b>77,71</b>	<b>84,92</b>	-
Projeto Jaibaras - 615 ha	-	94,38	94,03	-
Projeto Médio Acaraú - 200 ha	-	95,25	94,21	-

<sup>(1)</sup> Não foi proposta nenhuma alternativa para solução dos déficits do Projeto Forquilha. Sugere-se a realização de um estudo específico para o local.



MONTGOMERY WATSON



Quadro 3.3.2.b: Resultados do balanço hídrico, em termos de Garantia Mensal e das Vazões Médias Fornecidas, no atendimento das demandas dos municípios e de irrigação para o cenário da Alternativa 3 do Eixo de Integração da Ibiapaba, Ano 2030 - Bacia do Coreaú

DEMANDAS	Infra-estrutura Proposta Alternativa 3	Garantia Mensal (%)	Garantia das Vazões Médias Fornecidas (%)	Infra-estrutura Proposta - Alternativas Localizadas -
<b>Nível de Atendimento das Demandas Humanas, Industriais e Animais dos Municípios</b>				
<b>Alcântaras (Município)</b>				
Alcântaras - Sede	-	-	-	Pequena Açudagem na Serra da Meruoca
Alcântaras - demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea
<b>Barroquinha (Município)</b>				
Barroquinha - Sede	-	100,00	98,97	-
Bitupitã - Distrito	-	100,00	98,97	-
Barroquinha - demanda difusa	-	100,00	98,97	-
<b>Camocim (Município)</b>				
Camocim - Sede	-	96,03	99,06	-
Camocim - demanda difusa	-	96,03	99,06	-
<b>Chaval (Município)</b>				
Chaval - Sede	-	100,00	98,97	-
Chaval - demanda difusa	-	100,00	98,97	-
<b>Coreaú (Município)</b>				
Coreaú - Sede	-	93,60	91,49	-
Araquém - Distrito	-	100,00	95,83	-
Ubaúna - Distrito	Aç. Frecheirinha	94,96	94,87	-
Coreaú - 30% da demanda difusa	-	95,74	88,89	-
Coreaú - 70% da demanda difusa	-	-	-	Melhor exploração/gestão dos recursos hídricos locais
<b>Frecheirinha (Município)</b>				
Frecheirinha - Sede	Aç. Frecheirinha	94,96	94,87	-
Frecheirinha - demanda difusa	Aç. Frecheirinha	94,96	94,87	-
<b>Granja (Município)</b>				
Granja - Sede	-	96,03	99,06	-
Adrianópolis - Distrito	-	96,03	99,06	-
Ibuguaçu - Distrito	-	96,03	99,06	-
Parazinho - Distrito	-	96,03	99,06	-
Pessoa Anta - Distrito	-	96,03	99,06	-
Timonha - Distrito	-	96,03	99,06	-
Granja - demanda difusa	-	96,03	99,06	-
<b>Jijoca de Jericoacoara (Mun.)</b>				
Jijoca de Jericoacoara - Sede	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea e dos Lagos Litorâneos
Jijoca de Jericoacoara - demanda difusa	-	-	-	Exploração da Água Subterrânea e dos Lagos Litorâneos
<b>Martinópolis (Município)</b>				
Martinópolis - Sede	-	100,00	96,97	-
Martinópolis - demanda difusa	-	100,00	96,97	-
<b>Moraújo (Município)</b>				
Moraújo - Sede	-	93,60	91,49	-
Moraújo - 40% da demanda difusa	-	96,03	95,06	-
Moraújo - 60% da demanda difusa	-	93,60	91,49	-
<b>Senador Sá (Município)</b>				
Senador Sá - Sede	-	96,03	95,06	-
Serrota - Distrito	-	96,03	95,06	-
Senador Sá - 25% da demanda difusa	-	93,90	93,40	-
Senador Sá - 35% da demanda difusa	-	96,03	95,06	-
Senador Sá - 40% da demanda difusa	-	98,06	93,10	-
<b>Tianguá (Município)</b>				
Tianguá - Sede	-	99,61	99,73	-
Arapá - Distrito	-	100,00	95,83	-
Caruataí - Distrito	-	99,61	99,73	-
Tianguá - 20% da demanda difusa	-	100,00	95,83	-
Tianguá - 80% da demanda difusa	-	99,61	99,73	-
<b>Uruoca (Município)</b>				
Uruoca - Sede	-	96,03	95,06	-
Campanário - Distrito	-	96,03	95,06	-
Uruoca - demanda difusa	-	96,03	95,06	-
<b>Viçosa do Ceará (Município)</b>				
Viçosa do Ceará - Sede	-	99,61	99,73	-
Lambedouro - Distrito	Aç. Paula Pessoa	100,00	100,00	-
Quatiguaba - Distrito	-	99,61	99,73	-
Viçosa do Ceará - 65% da demanda difusa	-	99,61	99,73	-
Viçosa do Ceará - 35% da demanda difusa	-	-	-	Melhor exploração/gestão dos recursos hídricos locais
<b>Nível de Atendimento das Demandas de Irrigação</b>				
Projeto Frecheirinha - 1.140 ha	-	94,96	82,45	-
Mancha de solos de Granja - 1.750 ha	-	95,16	95,26	-
Área Privada do Aç. Tucunduba - 97 ha	-	91,28	88,64	-
Projeto Tucunduba 1a. Etapa - 75 ha	-	91,38	88,64	-
Projeto Tucunduba 2a. Etapa - 150 ha	-	94,67	93,97	-
Projeto Val. Paraíso - 50 ha	-	96,22	90,00	-



Quadro 3.3.2.c: Resultados do balanço hídrico, em termos de Garantia Mensal e das Vazões Médias Fornecidas, no atendimento das demandas dos municípios e de irrigação para o cenário da Alternativa 3 do Eixo de Integração da Ibiapaba, Ano 2030 - Bacia do Poti

DEMANDAS	Infra-estrutura Proposta Alternativa 3	Garantia Mensal (%)	Garantia das Vazões Médias Fornecidas (%)	Infra-estrutura Proposta - Alternativas Localizadas -
<b>Nível de Atendimento das Demandas Humanas, Industriais e Animais dos Municípios</b>				
<b>Ararendá (Município)</b>				
Ararendá - Sede	Sistema Inhuçu/Lontras	96,51	96,35	-
Santo Antônio - Distrito	Sistema Inhuçu/Lontras	96,51	96,35	-
Ararendá - 50% da demanda difusa	Sistema Inhuçu/Lontras	96,51	96,35	-
Ararendá - 50% da demanda difusa	Sistema Inhuçu/Lontras	96,51	96,35	-
<b>Carnaubal (Município)</b>				
Carnaubal - Sede	-	99,61	99,73	-
Carnaubal - demanda difusa	-	99,61	99,73	-
<b>Crateús (Município)</b>				
Crateús - Sede	-	97,09	97,45	-
Ibiapaba - Distrito	Aç. Fronteiras	97,09	97,45	-
Montenebo - Distrito	-	-	-	Melhor exploração/gestão dos recursos hídricos locais
Crateús - 40% da demanda difusa	-	98,55	96,72	-
Crateús - 20% da demanda difusa	Aç. Fronteiras	95,54	93,55	-
Crateús - 40% da demanda difusa	-	<b>77,13</b>	<b>76,56</b>	Melhor gestão do Aç. Sucesso
<b>Croatá (Município)</b>				
Croatá - Sede	Aç. Inhuçu	100,00	100,00	-
Betânia (Distrito)	Aç. Inhuçu	100,00	100,00	-
Croatá - demanda difusa	Aç. Inhuçu	100,00	100,00	-
<b>Guaraciaba do Norte (Município)</b>				
Guaraciaba do Norte - Sede	-	99,61	99,73	-
Várzea dos Espinhos - Distrito	-	99,61	99,73	-
Morrinhos Novos - Distrito	-	99,61	99,73	-
Mucambo - Distrito	-	99,61	99,73	-
Guaraciaba do Norte - demanda difusa	-	99,61	99,73	-
<b>Ibiapina (Município)</b>				
Ibiapina - Sede	-	99,61	99,73	-
Ibiapina - demanda difusa	-	99,61	99,73	-
<b>Independência (Município)</b>				
Independência - Sede	-	97,29	96,74	-
Independência - 50% da demanda difusa	-	97,29	96,74	-
Independência - 50% da demanda difusa	-	99,13	98,25	-
<b>Ipaporanga (Município)</b>				
Ipaporanga - Sede	Sistema Inhuçu/Lontras	96,51	96,35	-
Ipaporanga - demanda difusa	Sistema Inhuçu/Lontras	96,51	96,35	-
<b>Novo Oriente (Município)</b>				
Novo Oriente - Sede	-	97,00	95,93	-
Novo Oriente - demanda difusa	-	97,00	95,93	-
<b>Poranga (Município)</b>				
Poranga - demandas difusas	-	100,00	100,00	-
Poranga - Sede	-	100,00	100,00	-
<b>Quiterianópolis (Município)</b>				
Quiterianópolis - Sede	-	<b>54,17</b>	<b>56,32</b>	Aç. Alto Poti
Quiterianópolis - demanda difusa	-	<b>54,17</b>	<b>56,32</b>	Aç. Alto Poti
<b>São Benedito (Município)</b>				
São Benedito - Sede	-	99,61	99,73	-
Inhuçu - Distrito	-	99,61	99,73	-
São Benedito - demanda difusa	-	99,61	99,73	-
<b>Ubajara (Município)</b>				
Ubajara - Sede	-	99,61	99,73	-
Araticum - Distrito	-	-	-	Melhor exploração/gestão dos recursos hídricos locais
Ubajara - 90% da demanda difusa	-	99,61	99,73	-
Ubajara - 10% da demanda difusa	-	-	-	Melhor exploração/gestão dos recursos hídricos locais
<b>Nível de Atendimento das Demandas de Irrigação</b>				
Projeto Graça - 1a. Etapa - 82 ha	-	96,90	93,75	-
Ampliação do Projeto Graça - 373 ha	-	95,45	95,24	-
Projeto Platô do Poti Área 1 - 2.800 ha	-	95,45	95,24	-
Projeto Platô do Poti Área 2 - 600 ha	-	95,45	95,24	-
Área Privada Jaburu I - 700 ha	-	99,42	99,04	-
Projeto Jaburu I - 75 ha	-	96,12	93,18	-
Área Privada do Aç. Jaburu II - 57 ha	-	97,38	96,15	-
Projeto Jaburu II - 95 ha	-	97,29	96,36	-
Mancha de solos Poti Sul - 14.257 ha	-	94,77	94,86	-
Projeto Novo Oriente - 990 ha	-	94,77	94,86	-
Projeto Realejo - 400 ha	-	96,51	96,07	-

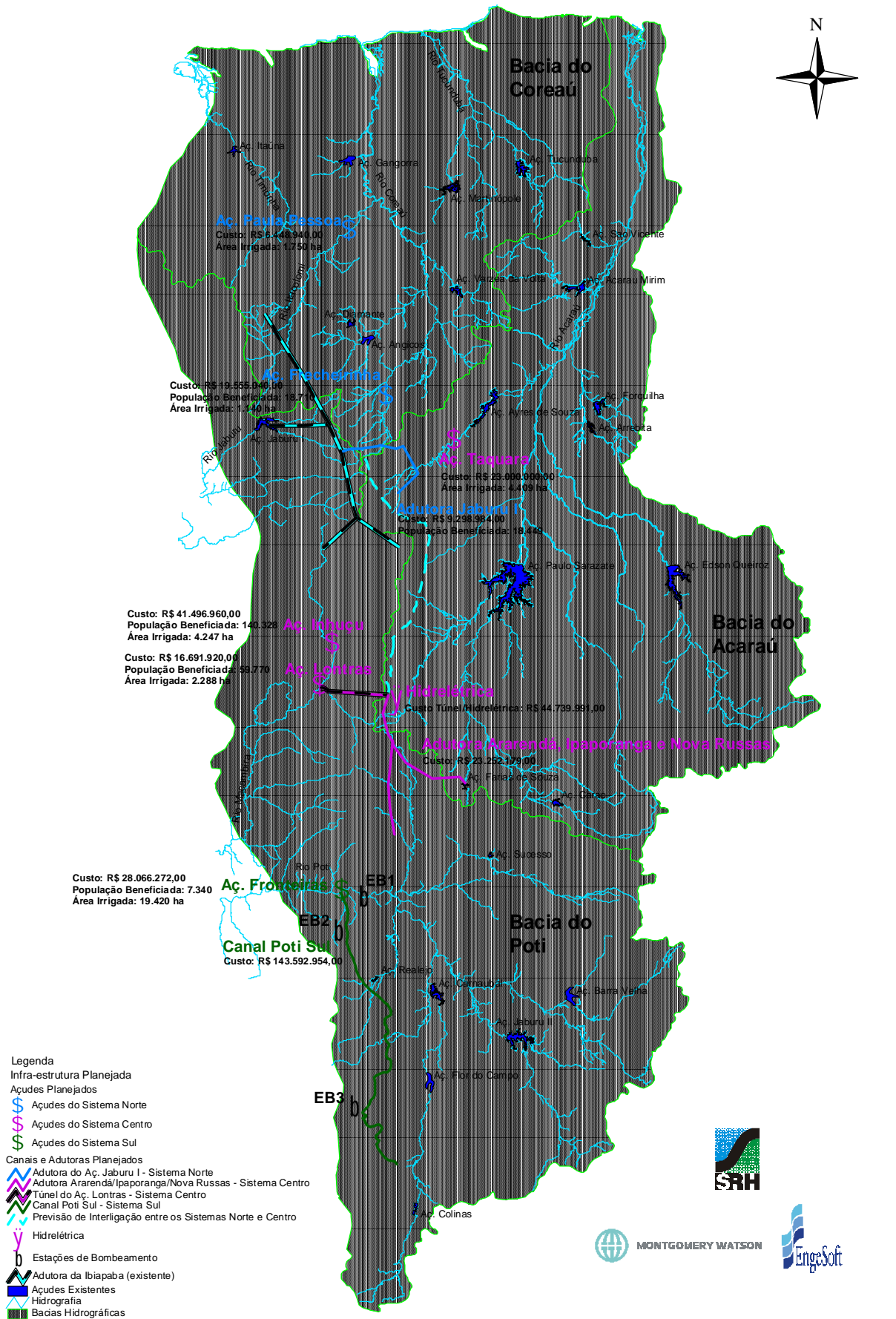


Figura 3.3.1: Infra-estrutura Hídrica Planejada da Alternativa 3 para o Eixo de Integração da Ibiapaba

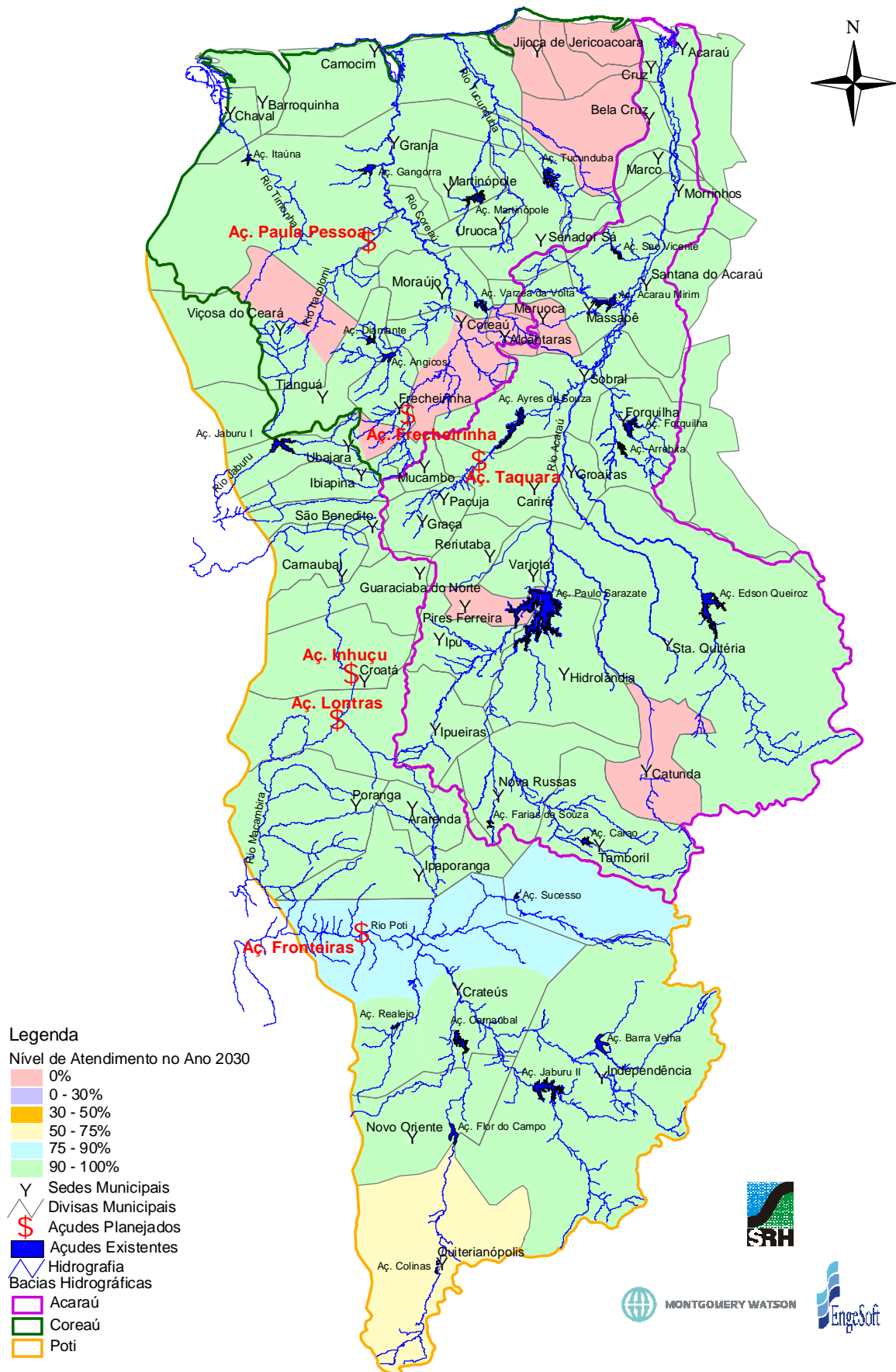


Figura 3.3.2: Nível de Atendimento das Demandas Humanas, Industrial e Animal dos Municípios das Bacias do Acaraú, Coreaú e Poti para o Cenário da Alternativa 3 no Ano 2.030



A população beneficiada e as áreas irrigadas supridas pela infra-estrutura hídrica planejada na Alternativa 3 estão listadas nos Quadros 3.3.3 e 3.3.4.

Quadro 3.3.3 - População abastecida pela infra-estrutura hídrica planejada na Alternativa 3.

Demanda	População (hab)	Infra-estrutura Hídrica Planejada	
		Fonte Hídrica	Adução
Ararenda	16.185	Aç.Inhuçu Lontras e	Adutora de Ararendá/Ipaporanga/Nova Russas
Crateús (20% Demanda Difusa)	7.340	Aç. Fronteiras	Canal Poti Sul
Croatá	29.326	Aç. Inhuçu	-
Frecheirinha	18.710	Aç. Frecheirinha	-
Graça (Sede e Distrito)	5.851	Aç. Jaburu I	Adutora de Mucambo/Pacujá/Graça
Ipaporanga	17.051	Aç.Inhuçu Lontras e	Adutora de Ararendá/Ipaporanga/Nova Russas
Ipu (Distrito e Demanda Difusa)	30.272	Aç.Inhuçu Lontras e	Túnel
Ipueiras	57.311	Aç.Inhuçu Lontras e	Túnel
Mucambo	8.415	Aç. Jaburu I	Adutora de Mucambo/Pacujá/Graça
Nova Russas	49.953	Aç.Inhuçu Lontras e	Adutora de Ararendá/Ipaporanga/Nova Russas
Pacujá	4.183	Aç. Jaburu I	Adutora de Mucambo/Pacujá/Graça
Total	244.597	-	-

Quadro 3.3.4 - Áreas irrigadas supridas pela infra-estrutura hídrica planejada na Alternativa 3.

Demanda	Área Irrigada (ha)	Infra-estrutura Hídrica Planejada	
		Fonte Hídrica	Adução
Aluviões do Médio Acaraú	1.858	Aç. Inhuçu, Lontras, Taquara	Túnel
Mancha Bx. Acaraú Margem Esquerda	4.126	Aç. Inhuçu, Lontras, Taquara	Túnel
Mancha de Solos Frecheirinha	1.140	Aç. Frecheirinha	Sistema de Adução e Distribuição do Aç. Frecheirinha
Mancha de Solos Granja	1.750	Aç. Paula Pessoa	Sistema de Adução e Distribuição do Aç. Paula Pessoa
Mancha de Solos Poti Sul	14.257	Aç. Fronteiras	Canal Poti Sul
Proj. Baixo Acarau - 2a. etapa	4.760	Aç. Inhuçu e Lontras	Túnel
Proj. Graça - Ampliação	373	Aç. Fronteiras	Canal Poti Sul
Proj. Medio Acarau	200	Aç. Inhuçu, Lontras, Taquara	Túnel/Canal Norte
Proj. Novo Oriente	990	Aç. Fronteiras	Canal Poti Sul
Proj. Platô do Poti - Área 1	2.800	Aç. Fronteiras	Canal Poti Sul
Proj. Platô do Poti - Área 2	600	Aç. Fronteiras	Canal Poti Sul
Proj. Realejo	400	Aç. Fronteiras	Canal Poti Sul
Total	33.254	-	-

Vale para o Quadro 3.3.4 a mesma observação feita para o Quadro 3.1.4 com relação às áreas irrigadas incrementais, ou seja, os valores de áreas a serem irrigadas apresentados naquele são estritamente incrementais, referindo-se às áreas irrigadas que serão supridas pela infra-estrutura planejada.

Note-se que a elaboração das alternativas seguiu um raciocínio lógico com relação à área de abrangência do Canal Norte, visto que na primeira alternativa o Canal Norte tem uma extensão de 212,7 Km cortando a bacia do Acaraú de sul a norte, margeando a encosta da Serra da Ibiapaba, alcançando o sul da bacia do Coreaú. Na segunda alternativa o Canal Norte termina no encontro com o túnel que transfere água do sistema Inhuçu - Lontras para a bacia do Acaraú, tendo o Canal Norte uma extensão de 99,8 Km. Na Alternativa 2, o Canal Poti Sul passa a existir com uma extensão de 27,0 Km, desaguando no açude Realejo.



MONTGOMERY WATSON



Já a Alternativa 3 é o inverso da Alternativa 1 com relação à destinação da água do aç. Fronteiras, uma vez que a disponibilidade hídrica deste açude passa a ser usada em sua totalidade para o abastecimento das demandas do Canal Poti Sul, o qual apresenta dimensões maiores em relação à Alternativa 2 e se estende até o aç. São Francisco no município de Novo Oriente, enquanto que na Alternativa 1 toda a disponibilidade do açude Fronteiras segue rumo norte.



MONTGOMERY WATSON



## **4. ANTEPROJETO E CUSTOS DOS BARRAMENTOS DO EIXO DE INTEGRAÇÃO**

---

## 4. ANTEPROJETO E CUSTOS DOS BARRAMENTOS DO EIXO DE INTEGRAÇÃO

### 4.1. INTRODUÇÃO

O estudo de integração da Ibiapaba faz parte do Projeto de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (PROGERIRH), que tem como objetivo básico o transporte de águas das regiões bem servidas para aquelas que tem carência deste recurso, em decorrência da má distribuição das chuvas em todas as áreas do estado, que ocorrem em períodos irregulares e sem uniformidade.

Prevê-se nesse programa, como visto nos capítulos anteriores a construção de diversas barragens para obtenção de reservas hídricas de grande e médio porte, e de sistemas de transporte de água, fazendo-se ao mesmo tempo a integração com as instalações já existentes.

Dentro do estudo de integração da Ibiapaba foram estudados a nível de anteprojeto os açudes de Lontras, Inhuçu, Fronteiras e Paula Pessoa além, da análise do açude Frecheirinha e estudos preliminares dos açudes Ibuguaçu, Jurema, Cajueirinho, Inhanduba e Litoral.

Alguns açudes não avançaram além do nível dos estudos preliminares pelas seguintes razões básicas:

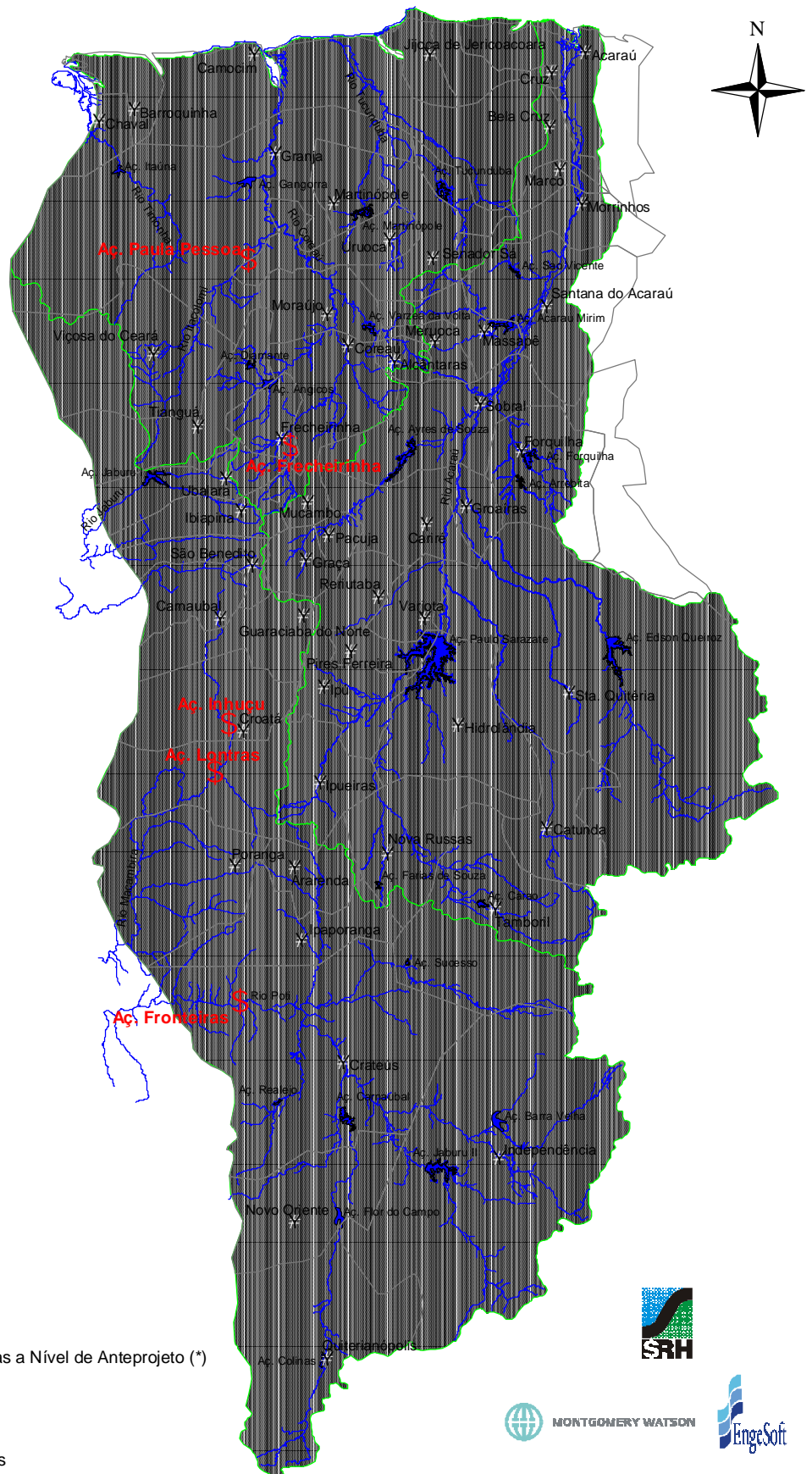
- Açude Ibuguaçu: este açude tem boqueirão localizado no rio Ubatuba, no município de Granja, tendo sido proposto, mais especificamente, para o abastecimento dos distritos de Adrianópolis e Ibuguaçu. Tecnicamente, do ponto de vista geotécnico, o boqueirão apresenta excelentes características, além de hidrologicamente ser uma região bastante favorável devido às contribuições de deflúvio oriundas das Serras da Ibiapaba e do Arco. No entanto, decidiu-se por não aprofundar-se nos estudos deste açude a nível de anteprojeto devido aos poucos benefícios imediatos que poderia gerar. Isto porque, em visita ao local, constatou-se que os distritos de Adrianópolis e Ibuguaçu são bem abastecidos por adutoras que conduzem água de poços localizados no sopé da Serra da Ibiapaba para estes distritos, e a demanda rural é pouca significativa e dispersa. Apesar de não ter sido priorizado nos estudos, é um boqueirão que deverá ser lembrado em estudos posteriores de planejamento, caso haja maiores demandas na região;

- Açude Jurema: este apresenta-se como uma boa alternativa para o aumento da oferta hídrica para exploração de terras para irrigação nos municípios de Granja e Camocim, dentre elas a mancha de solos Parazinho, a qual já foi alvo de estudos anteriores. É um açude viável tecnicamente, que merece ser estudado em planejamentos futuros. No entanto, diante dos benefícios que irá trazer, de seu maior custo e das reivindicações ouvidas junto às comunidades, o açude Jurema perde em termos de priorização para o açude Paula Pessoa. Além disso, observou-se que os municípios próximos ao litoral que se beneficiam com o açude Jurema, atualmente estão mais preocupados em implementar uma política de melhor aproveitamento dos recursos naturais existentes, como os grandes lagos litorâneos e alguns pequenos açudes, e de proteção desses mananciais que estão enfrentando processos de degradação ambiental, segundo depoimentos nas reuniões. Dessa forma, decidiu-se por não aprofundar os estudos deste boqueirão;
- Açude Cajueirinho: o açude existente com uma extensão de 160 m, consiste de um aterro com coroamento de apenas 4 m de largura, com algumas erosões localizadas e significativo fluxo pela fundação aluvionar. Associado a esses pontos desfavoráveis, ocorre que o sangradouro, consistindo de um canal de 50 m de largura escavado em arenito, apresenta uma extensa e preocupante erosão regressiva que deverá ser objeto de consideráveis obras corretivas. Por essas razões concluiu-se pela desvantagem do alteamento do barramento existente. Outra opção ventilada seria a construção de um novo maciço no boqueirão situado a cerca de 200 m a jusante do existente, porém, a proximidade da zona urbana do povoado de Cajueirinho restringe a elevação do nível atual do reservatório em 2,50 m, o que representa um ganho volumétrico pouco significativo para um expressivo investimento na construção do maciço principal, dique auxiliar e sangradouro;
- Açude Inhanduba: o local indicado para comportar o açude consiste em um boqueirão de topografia muito suave, sem formação de ombreiras significativas, num riacho inexpressivo sem denominação pela população local. Não foram observados sinais de vazões significativas nesse riacho, sendo inclusive colhida a informação no local que o riacho “nunca pega água” e que na grande enchente de 1974 ele escoou um caudal com altura máxima de 1,0 m, com uma largura de 10 – 12 metros. Pela pouca capacidade da bacia contribuinte do riacho e a topografia

desfavorável, concluiu-se pela impropriedade do local comportar uma obra de reservação, mesmo de pequeno porte;

- Açude Litoral: o local indicado para o eixo desse açude situa-se no riacho da Prata na confluência com o córrego do Oscar, a cerca de 4,5 km a montante do final do lago do açude da Prata. O local tem ombreiras bastante suaves, sendo que a do lado direito eleva-se apenas cerca de 8-10 m acima do fundo do riacho. A região por ser próxima do litoral constitui-se basicamente de solos arenosos finos sem afloramentos rochosos significativos. Em alguns pontos mais elevados ocorrem rochas areníticas pouco coerentes e de baixa competência. Rocha gnaissica de excelentes características para emprego em concretos e enrocamentos só foram observadas no rio Pesqueiro, próximo a estrada Jijoca- Parazinho, a cerca de 30 km de distancia. Um fato relevante constatado foi que o eixo encontra-se só a 4,5 km a montante do lago do açude da Prata, no mesmo riacho, e que esse açude existente, com capacidade de 7 milhões de m<sup>3</sup>, tem um sangradouro de 50 metros de largura que só sangra eventualmente e nunca atingiu lamina superior a 1,50 m. Conclui-se que o Açude Litoral, se construído nesse local e com capacidade superior ao do açude da Prata, reteria todo o fluxo que converge para esse açude praticamente secando-o e, caso sua finalidade fosse a acumulação de vazões transferidas de outras bacias, sua capacidade seria drasticamente limitada pela topografia das ombreiras. Portanto o local indicado para o açude Litoral não foi considerado viável.

Nesse capítulo são descritos os estudos gerais, as concepções adotadas e o custo das obras relativas aos barramentos anteprojetados. Na figura 4.0 é apresentada a localização dos barramentos estudados a nível de anteprojeto, dentro do contexto regional.



Legenda

- \$ Barragens Estudadas a Nível de Anteprojeto (\*)
- Y Sedes Municipais
- Divisas Municipais
- Açudes Existentes
- Hidrografia
- Bacias Hidrográficas

(\*) A barragem Frecheirinha possui estudos em níveis mais avançados que de anteprojeto

Figura 4.0: Localização das Barragens do Eixo de Integração da Ibiapaba Estudadas a Nível de Anteprojeto



## 4.2. AÇUDE LONTRAS

### 4.2.1. Generalidades

O objetivo da concepção de um açude de grande porte no rio Inhuçu, nas proximidades da vila de São José das Lontras, foi a reservação de parte das vazões geradas pelas elevadas precipitações pluviométricas que ocorrem no cume da Serra da Ibiapaba, principalmente as que escoam nos tributários da margem esquerda do rio Inhuçu (Macambira) à jusante da cidade de Croatá. O nível máximo do reservatório fica limitado pela cota da cidade de Croata, que deve ser preservada na sua zona próxima ao rio.

A água armazenada no reservatório de Lontras deverá ser desviada na direção Leste, através de um túnel até a borda da serra e a partir desse ponto, aproveitando a queda acentuada, gerar energia elétrica numa casa de força subterrânea com um potencial de geração de até 6 MW. Daí a água será conduzida até a bacia do Rio Acarau.

Para o maior aproveitamento hidroelétrico e menor extensão do túnel adutor o reservatório do Lontras tem sua localização limitada a região de cotas mais elevadas na região a jusante de Croata, que estende-se aproximadamente até a Serra de São José das Lontras.

Após uma pesquisa em campo dos eixos selecionados em cartas topográficas optou-se pelo posicionamento do eixo do barramento na localidade de Jacaré, a cerca de 3,5 km a montante da vila de São José das Lontras. Neste ponto o largo vale do rio se estrangula entre a serra de São José das Lontras e o Serrote da Gameleira formando um boqueirão com encostas íngremes.

### 4.2.2. Localização e Acesso

O eixo do açude Lontras situa-se na Serra da Ibiapaba, na região oeste do estado do Ceará, a cerca de 13 km ao sul da cidade de Croatá e 3,5 km ao norte da vila de São José das Lontras. O eixo cruza o rio Inhuçu nas coordenadas N 9.499.049 e E 282.828.

O acesso ao local do eixo, a partir de Fortaleza, é feito pelas rodovias pavimentadas com revestimento asfáltico Br-020(até Canindé), Ce-257(até Ipu), Ce-187(até a entrada de Guaraciaba do Norte) e Ce-327(até Croata) ,num percurso de 404 km, e mais 13 km em estrada de terra.

### 4.2.3. Geologia Regional e Local

#### Geologia Regional

A Serra de Ibiapaba é uma estrutura monoclinal com direção Norte-Sul, formada por arenito, siltito e conglomerado com camadas encruzilhadas, da Formação Serra Grande de idade Siluriano/Devoniano. O maciço de rocha mergulha suavemente na direção Oeste a menos de 5°.

A base da serra está formada por rochas cristalinas do Período Proterozoico Inferior e Superior constituídos por arenito "arkose", ardósia e calcário do Grupo Ubajara, e rochas Cambrianos (Paleozóico Inferior) tipo arenitos, siltitos e argilitos do Grupo Jaibaras.

As encostas características do limite Leste do maciço são formadas por rochedos sub-verticais. Esses rochedos são atravessados localmente pelas drenagens, que seguem em conformação com o intemperismo diferencial e as juntas existentes do maciço rochoso.

A decomposição da rocha do maciço em solos é, em geral, pouco profunda. O desenvolvimento de solos é maior ao longo da crista da serra, nas áreas onde ocorrem as maiores precipitações, decrescendo na direção Oeste, sendo comuns os afloramentos de arenito. Os solos são, por natureza, uniformemente arenosos.

A região semi-árida a Leste da Serra da Ibiapaba é formada por complexos de rochas pré-Cambrianas, cristalinos não-diferenciados caracterizados por rochas cristalinas migmatizadas, do tipo gnaiss, xisto, e quartzito, com intrusões de granito e pegmatito, e xenolitos de anfibolito. A região também apresenta intrusões graníticas alongadas na direção nordeste. A foliação regional é norte-nordeste e a área é caracterizada por dobras com direção paralela a esta foliação. Os afloramentos de rocha cristalina do período pré-Cambriano ocorrem na superfície ou a pouca profundidade na maior parte da região onde está prevista a execução do projeto.

A Serra de Ibiapaba é cortada por duas falhas geológicas, verticais, normais, na direção noroeste. A Falha de Café - Ipoeiras e o Alinhamento Sobral - Pedro II estão próximas das cidades de Inhuçu e Guaraciaba do Norte, respectivamente. O bloco entre as duas falhas sofreu um aprofundamento, formando com isso uma fossa tectônica.

A região não está sujeita a abalos sísmicos.

### Geologia do Local

O fundo do vale e as encostas laterais no eixo são caracterizadas por afloramentos de arenitos são mas de baixa consistência, da Formação Serra Grande, com intercalações de finos de siltito. As rochas mergulham levemente para Oeste. Existem depósitos pouco espessos de areia aluvionar adjacente ao leito do rio.

Segundo o mapeamento geológico, posteriormente confirmado pelas sondagens e poços, o eixo alternativo escolhido para a barragem apresenta ótimas condições de fundação tanto para uma barragem de gravidade ou de terra. A fundação de uma barragem de gravidade ou terra seria em contato com rocha sã em sua área total e obrigaria uma escavação de aproximadamente 2,0m de profundidade na zona aluvionar do rio. Uma barragem de terra provavelmente seria fundada neste aluvião com escavação apenas do material orgânico da superfície. Para garantir a permeabilidade da barragem será necessária a escavação de um cut-off até rocha sã ao longo do eixo da barragem.

Os afloramentos de rocha mapeados e os testemunhos de sondagem indicam um maciço rochoso pouco intemperizado mas, pouco consolidado e friável. Além disso o maciço evidencia várias famílias de juntas. Sendo a junta principal paralela ao acamamento das rochas sedimentares e gerada pelo alívio de tensões. Dois outros sistemas de juntas sub-verticais ocorrem com direção N-S e L-O.

Baseado nos ensaios de perda d'água nas sondagens constata-se que o maciço rochoso da fundação é bastante permeável até 10m de profundidade, devida a existência de fraturas abertas.

#### **4.2.4. Estudos Geotécnicos**

Foi realizado um programa de investigações geotécnicas para apoiar os estudos de viabilidade do açude Lontras. As investigações incluíram mapeamento geológico da superfície, investigações da sub-superfície através de três sondagens rotativas e na realização de 16 poços escavados à pá e picareta nas áreas dos empréstimos. As investigações também incluíram a execução de ensaios de caracterização e compactação das amostras dos empréstimos, granulometria da areia do rio e ensaio de desgaste "Los Angeles" do arenito aflorante.

#### 4.2.4.1. Investigações no local da barragem

As sondagens foram do tipo mista (percussão/rotativa) com ensaios de SPT a cada metro e retirada de testemunhos na rocha com ensaios de perda d'água a cada 3m na rocha. O local destas investigações e seções mostrando os resultados estão expostos na prancha LO- 05 do Volume 2 - Anteprojeto das Obras. Os boletins com perfis das sondagens, fotos e as fichas dos ensaios são apresentadas no Volume 4 - Estudos Geotécnicos. As características e resultados das investigações do subsuperfície estão resumidos no quadro 4.1 seguinte:

**Quadro 4.1 – Resumo das Sondagens Mecânicas**

No.	Local (estaca)	Cota da Boca	Profundidade até Rocha Decomposta (m)	Profundidade até Rocha sã (m)	Total Sondado (m)
SR-1	25	492,89	0,00	1,00	10,00
SM-2	36+ 11,0	475,60	2,10	2,10	11,10
SM-3	41+ 8,0	477,40	1,50	1,50	9,00

Na sondagem SR-1 o coeficiente de permeabilidade da rocha de fundação, a partir de 4 metros de profundidade, ficou próxima de  $4E-5$  cm/s nos ensaios de perda d'água. Na sondagem SM-2 esses mesmos ensaios indicaram coeficientes de permeabilidade de 2 a  $3E-3$  cm/s, a partir de 5,1 metros de profundidade e a sondagem SM-3 apresentou desde perda d'água total no estágio superior até uma permeabilidade de  $6E-4$  no estágio mais profundo

#### 4.2.4.2. Investigações nas fontes de materiais de construção

Para área de empréstimo visando a construção do maciço terroso foram estudadas duas ocorrências situadas em cada uma das ombreiras, a uma distancia inferior a 200 metros para o eixo locado. O empréstimo denominado E-1 situado na ombreira esquerda, nas propriedades dos Srs Geraldo Bezerra, Leopoldino Bandeira e João Bandeira, constitui-se de um horizonte até cerca de 1,20 m de profundidade de cascalho silto argiloso de cor avermelhada, com blocos de pedras areníticas, sobrejacente a uma camada de silte argiloso com espessura variável desde poucos decímetros até 3,2 m. A profundidade média desses dois horizontes obtida nos 12 poços abertos nessa ocorrência indicaram uma espessura média de 2,30m.

No empréstimo E-2, da ombreira direita e em terras dos mesmos proprietários, foram realizados 4 poços à pá e picareta que indicaram materiais semelhantes aos do empréstimo E-1 porém, com espessuras bem menores, com média geral de 1,10 m. No quadro 4.2 apresenta-se o resumo dos resultados dos ensaios realizados nesses empréstimos

**Quadro 4.2 - RESUMO DOS ENSAIOS DOS EMPRÉSTIMOS**

FURO		05	06	08	01	03	04
LOCAL		Empréstimo E-1			Empréstimo E-2		
PROF. (m):		1,00	1,20	1,20	0,10	0,10	0,10
		2,30	2,50	4,50	1,10	1,50	1,10
AMOSTRA		1	1	1	1	1	1
%PASSA	1"	100	100	100	100	100	100
	3/4"	100	100	100	100	100	100
	3/8"	100	100	100	100	100	100
	No. 4	95	99	100	96	97	96
	No. 10	82	96	100	85	83	81
	No. 40	55	90	95	56	41	58
	No. 200	30	76	83	28	22	32
LL		32	41	40	33	35	35
LP		18	30	27	21	22	22
IP		14	11	13	12	13	13
IG		0	7	7	0	0	0
U.S.C.		SC	ML	ML	SC	SC	SC
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )		1,790	1,695	1,730	1,795	1,800	1,825
h ótima (%)		13,8	20,0	17,4	14,6	14,0	12,8

Ao longo da calha do rio ocorrem depósitos de areia média a grossa com características próprias para emprego como filtro e agregado miúdo de concretos. No Volume 4 - Estudos Geotécnicos é apresentada a granulometria dessa areia

Para rip- rap e dreno de pé o uso de blocos de arenito não intemperizados parece ser uma alternativa viável, tendo em vista que no Açude Jaburu blocos lamelares de arenito tem protegido efetivamente o talude de montante contra a ação das ondas do lago. O material randon da escavação do arenito fraturado do sangradouro, assim como os blocos de arenito da dimensão de matacões, que ocorrem nas camadas mais superficiais do terreno, poderão funcionar a contento como proteção do talude de jusante e transição. Uma pedra foi identificada na ombreira esquerda, para eventual complementação do material pétreo das escavações do sangradouro. O material superficial dessa ocorrência arenítica foi levado a laboratório onde apresentou um desgaste "Los Angeles" muito elevado (70%), que caso se

confirme em profundidade não possibilitará o uso da rocha em concretos estruturais, como os exigidos no sistema de tomada d'água. Rochas graníticas competentes são encontradas entre o sopé da serra do Carnutum e a cidade de Frecheirina, junto a Br-222, a uma distancia aproximada de 160 km até o local do açude idealizado.

#### **4.2.5. Estudos Topográficos**

Para um estudo detalhado das alternativas e eleição do eixo mais adequado para o açude Lontras contratou-se, com a empresa Aerofoto Cruzeiro, uma restituição aerofotogramétrica na escala 1: 20.000, com curvas de nível a cada 10 metros, numa região do rio Inhuçu/Macambiras desde a Serra de São José das Lontras até montante da localidade de Barra do Sotero, cobrindo cerca de 25 km de extensão do rio de interesse.

A partir dessa restituição locou-se as alternativas mais viáveis de eixos e de elemento de sangria, tendo como base os cálculos hidrológicos, os condicionantes topográficos e a situação planialtimétrica dos núcleos urbanos existentes. Após a comparação de custos preliminares entre as alternativas, uma equipe de topografia locou e nivelou a cada 20m o eixo do barramento e sangradouro. As cotas foram transportadas da soleira da igreja de Croatá, que embora não tenha uma referencia de nível materializada, tem cota conhecida dos trabalhos de restituição aero fotogramétrica.

No quadro 4.3 são apresentadas as cotas para cada estaca do eixo transversal ao boqueirão, materializado em campo.

**Quadro 4.3 - Altimetria do Eixo do Açude Lontras**

ESTACA	COTA	ESTACA	COTA	ESTACA	COTA
0	507,409	24	537,802	46	507,463
1	506,606	25	538,005	47	509,046
2	507,088	25+13,93	538,427	48	512,737
3	505,992	26	538,890	49	516,028
4	504,787	27	539,650	50	516,669
5	506,869	28	540,413	51	517,497
6	508,047	29	541,908	52	519,168
7	508,076	30	545,676	53	521,980
8	513,673	31	551,368	54	520,003
9	516,377	32	554,426	55	520,933
10	521,222	33	560,390	56	522,198
11	521,977	34	563,560	57	522,14
12	522,803	35	492,069	58	522,462
13	524,386	36	491,266	59	522,665
14	528,077	36+11,00	491,748	60	523,087
15	531,368	37	490,652	61	523,55
16	532,009	38	489,447	62	524,31
17	532,837	39	491,529	63	525,073
18	534,508	40	492,707	64	526,568
19	15,340	41	492,736	65	530,336
20	535,343	42	498,333	66	536,028
21	536,273	43	501,037	67	539,086
22	537,538	44	505,882	68	545,05
23	537,480	45	506,637	69	548,22

Com base na restituição aerofotogramétrica da bacia determinou-se as áreas para cada curva de nível e em seguida elaborou-se os cálculos dos volumes de reservação, que encontram-se apresentados na Curva Cota x Área x Volume da prancha LO- 01 do Volume 2- Anteprojeto das Obras

#### 4.2.6. Estudos Hidrológicos

Os estudos hidrológicos do açude Lontras buscaram a estimativa da cheia afluyente ao açude para o dimensionamento do sangradouro. Considerou-se que a cheia de 1000 anos de período de recorrência (TR) seria a mais indicada para a segurança admissível.

Como há ausência de dados fluviográficos na região, optou-se por utilizar modelos sintéticos chuva x vazão, transpondo-se para a chuva o período de recorrência de 1000 anos.

O modelo escolhido, pela larga utilização e bons resultados que têm sido obtidos na hidrologia no semi-árido, foi o modelo do SCS (Soil Conservation Service dos EUA). Para laminação das cheias nos reservatórios utilizou-se o método de Puls.

O programa computacional utilizado para o cálculo das cheias foi o HEC-1 (Hydrologic Engineering Center – US Army Corps of Engineers).

A seguir serão descritos os resultados passo a passo.

#### – **Dados Físicos da Bacia do Açude**

O Açude Lontras localiza-se a jusante do açude Inhuçu, no rio Lontras, e controla uma bacia de 518 km<sup>2</sup> a partir do boqueirão do Inhuçu.

Os principais dados físicos da bacia são:

Área: 518,46 Km<sup>2</sup>

Cota do Leito do Rio no Barramento (Cl): 489,45

Cota Máxima no ponto mais à montante da bacia(Cm): 941,00

Comprimento do talvegue principal: 38,7 Km

Tempo de Concentração(Tc) : 6,16 h

$$Tc (h) = 0,39 \times (L^2 / S)^{0,385}$$

Sendo S = Cm-Cl

#### – **Chuvas Intensas na Bacia do Açude**

Para elaborar o estudo de chuvas intensas do açude Lontras utilizou-se o posto mais próximo da bacia do açude e que possuísse o maior período de dados.

A estação mais próxima que se enquadra nesse critério é o posto de São Benedito cujo código da SUDENE é 2788127. O mapa da Figura 4.1 mostra essa estação.

Extraiu-se dos dados diários da estação os valores máximos anuais de 1 dia, 2 dias e 3 dias de chuva. Esses valores encontram-se no Quadro 4.4 a seguir.



Esses dados foram submetidos a uma análise estatística, aplicando-se diversas distribuições e verificando-se a que melhor se adaptou aos dados observados. Desse ajuste obteve-se a chuva de 1 dia de duração e 1000 anos de TR. Pode-se observar os resultados do ajuste a seguir, no Quadro 4.5

Como o tempo de concentração da bacia do açude é menor que 24 horas, foi determinada a relação intensidade x duração x frequência para as primeiras 24 horas de chuva. O processo de determinação é descrito a seguir, baseado na metodologia do Prof. Taborga Torrico (Práticas Hidrológicas).

- Para a transformação da chuva de 1 dia em chuva de 24 horas ( $P_{24h}$ ), multiplica-se a chuva de 1 dia por 1,10 .
- A chuva de 1h de duração é determinada a partir da relação entre  $P_{24h}$  e  $P_{1h}$ . Essa relação é dada pela metodologia em função do tempo de concentração e da Isozona a que pertence a estação fluviométrica. Na Figura 4.2 pode-se observar o mapa de Isozonas. A Isozona do posto em questão é a E.
- Da mesma forma e usando o mesmo mapa e tabela das Isozonas determina-se a relação entre a chuva de 24h de duração e a chuva de 6 minutos de duração.
- No papel logaritmo plota-se os três valores ( $P_{24h}$ ,  $P_{1h}$  e  $P_{6min}$ ) e une-se os mesmos formando o gráfico da Figura 4.3

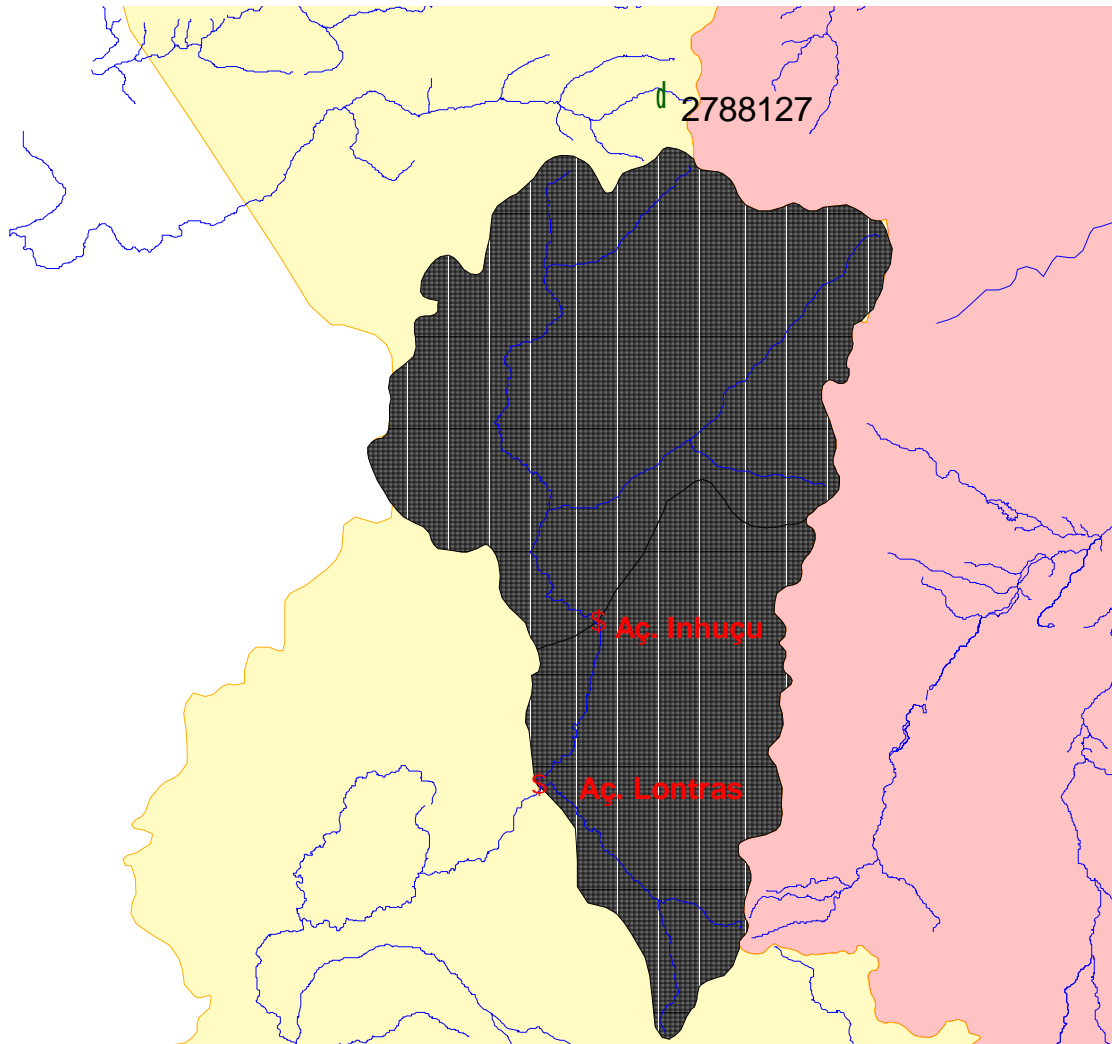
Para outras durações de chuva pode-se retirar do gráfico o valor da precipitação.

No modelo HEC-1 entra-se com as chuvas na seguinte seqüência: 5 min, 15 min, 1h, 2h, 3h, 6h, 12h e 24h.








#### – Determinação do CN – Curve Number

O valor de CN tem que representar as condições de uso do solo e de tipo do solo da bacia hidrográfica estudada. Para estimativa do valor de CN utilizou-se o Mapa de Uso do Solo elaborado na fase de Diagnóstico pelo Consórcio a partir das imagens do satélite Landsat, além do mapa de tipo de solo do Plano Estadual dos Recursos Hídricos (SRH-1991) que classificou os solos segundo o SCS em solos do tipo A,B,C e D.

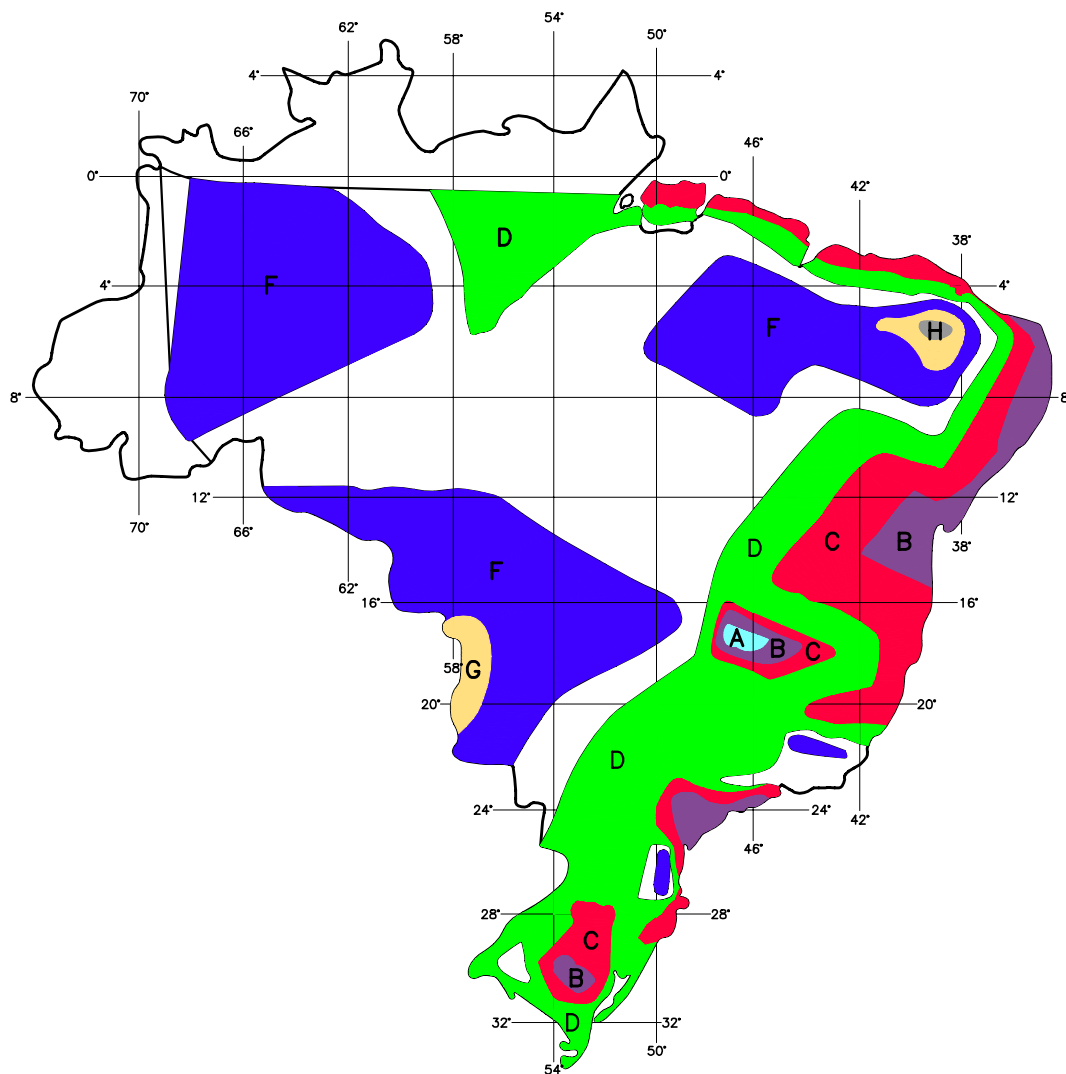
Figura 4.1: Açudes Inhuçu e Lontras com a localização da Estação Pluviométrica Utilizada



Legenda

-  Açudes Planejados
-  Hidrografia
-  Estações Pluviométricas
-  Bacia Hidrográfica dos Aç. Inhuçu e Lontras
-  Bacia do Acaraú
-  Bacia do Coreaú
-  Bacia do Poti





ZONA	TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS											
	1 HORA /24 HORAS CHUVA										6min. 24h CHUVA	
	5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	5-80	100
A	36.2	35.8	35.6	35.5	35.4	35.3	35.0	34.7	33.6	32.5	7.9	6.3
B	38.1	37.8	37.5	37.4	37.3	37.2	36.9	36.6	35.4	34.3	8.4	7.5
C	40.1	39.7	39.5	39.3	39.2	39.1	38.8	38.4	37.2	36.2	9.8	8.8
D	42.0	41.6	41.4	41.2	41.1	41.0	40.7	40.3	39.0	37.8	11.2	10.0
E	44.0	43.6	43.3	43.2	43.0	42.9	42.6	42.2	40.9	39.6	12.6	11.2
F	46.0	45.5	45.3	45.1	44.9	44.8	44.5	44.1	42.7	41.3	13.9	12.4
G	47.9	47.4	47.2	47.0	46.8	46.7	46.4	45.9	44.3	43.1	18.4	13.7
H	49.9	49.4	49.1	48.9	48.6	48.6	46.3	47.8	46.3	44.8	18.7	14.9

FIGURA 4.2 – ISOZONAS DE IGUAL RELAÇÃO



MONTGOMERY WATSON



Quadro 4.4  
POSTO : 2788127

MAXIMAS PRECIPITACOES ANUAIS

ANO	1 DIA	2 DIAS	3 DIAS
1912	143.20	143.20	199.00
1913	102.60	170.20	173.70
1914	69.30	79.30	106.50
1915	68.10	116.60	142.90
1916	101.30	151.10	151.10
1917	106.50	152.60	186.30
1918	66.00	125.30	128.30
1919	80.70	85.70	146.10
1920	153.80	161.30	182.50
1921	104.40	129.30	177.30
1922	100.40	110.70	136.40
1923	77.60	92.20	105.40
1924	95.90	139.20	175.90
1925	94.70	110.80	153.10
1926	104.00	150.10	155.40
1927	97.00	124.60	144.70
1928	104.10	145.00	145.00
1929	77.20	118.00	137.50
1930	76.90	85.90	101.00
1931	65.20	101.10	122.80
1932	116.50	153.00	176.10
1933	95.10	117.60	153.50
1934	85.30	120.30	177.20
1935	81.00	108.00	140.60
1936	87.00	141.60	170.80
1937	82.50	137.00	174.40
1938	59.00	83.20	95.40
1939	77.00	99.30	145.30
1940	100.00	136.00	174.00
1941	146.00	161.00	178.00
1942	89.00	108.00	122.00
1943	66.00	110.00	119.00
1944	83.00	139.30	143.30
1945	-	-	-
1946	95.00	144.00	151.00
1947	110.00	139.00	149.00
1948	100.00	122.00	132.00
1949	90.00	130.00	139.00
1950	99.00	139.00	170.00
1951	104.00	160.00	194.00
1952	99.00	159.00	171.00
1953	75.30	110.00	127.00
1954	110.00	190.00	209.00
1955	100.00	171.00	188.00
1956	100.00	171.00	181.00
1957	150.00	203.00	295.00
1958	100.00	150.00	164.00
1959	93.00	129.00	137.00
1960	99.00	121.00	178.00
1961	267.00	337.00	380.00
1962	152.00	250.00	321.00
1963	101.00	175.10	247.10
1964	-	-	-
1965	96.50	172.90	183.30
1966	77.00	114.00	152.00
1967	135.00	155.00	193.00
1968	70.00	92.00	152.00
1969	95.50	95.50	156.00
1970	90.30	152.50	194.50



Quadro 4.5 - Estudo Estatístico de Chuvas Maximas do Posto 2788127

SAMPLE SIZE = 57

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 99.38 STD. DEV. = 31.42 COEF. OF SKEW = 2.9975

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.56273 STD. DEV. = .25693 COEF. OF SKEW. = 1.2032

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.98157 STD. DEV. = .11158 COEF. OF SKEW. = 1.2031

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL ( mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	TYPE I EXTREMAL ( mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL ( mm)	PEARSON TYPE III ( mm)	LOG PEARSON TYPE III ( mm)
2.00	99.38	95.84	90.71	94.43	92.04	87.28	91.22
2.33	105.02	100.36	94.78	100.12	96.42	90.85	95.32
5.00	126.03	119.18	115.54	124.84	118.03	112.35	115.77
10.00	140.13	133.74	136.20	144.98	139.16	135.73	135.76
20.00	151.93	147.30	159.40	164.29	162.97	162.04	158.15
50.00	165.44	164.51	194.87	189.29	199.94	200.85	192.79
100.00	174.62	177.33	225.98	208.02	233.04	233.09	223.85
200.00	183.15	190.15	261.38	226.69	271.48	267.75	260.15
500.00	193.70	207.28	315.77	251.31	332.04	317.26	318.21
1000.00	201.24	220.47	363.51	269.92	386.63	357.53	371.62



Quadro 4.5 - Estudo Estatístico de Chuvas Máximas do Posto 2788127 (cont.)

		FREQUENCY DISTRIBUTION						
CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL ( mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	TYPE I EXTREMAL ( mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL ( mm)	PEARSON TYPE III ( mm)	LOG PEARSON TYPE III ( mm)
0	.00000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.14286	65.85	72.85	74.81	66.73	73.38	79.19	76.44
2	.28571	81.60	82.87	80.80	78.55	80.83	81.58	83.37
3	.42857	93.73	91.51	87.11	89.04	88.07	85.96	90.52
4	.57143	105.04	100.38	94.80	100.17	96.46	93.18	99.05
5	.71429	117.16	110.85	105.56	113.82	107.86	105.26	110.76
6	.85714	132.92	126.09	124.82	134.77	128.01	128.98	131.26
7	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		45.053	15.825	28.596	21.719	19.509	41.368	16.316
95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =12.596								
RETURN PERIOD	LOG PEARSON TYPE III WITH WEIGHTED REGIONAL SKEW							
(YRS)	(mm)							
2.00	92.31							
2.33	96.58							
5.00	116.93							
10.00	135.77							
20.00	156.01							
50.00	185.93							
100.00	211.65							
200.00	240.64							
500.00	285.06							
1000.00	324.22							

A metodologia para estimativa do CN constou do cruzamento, no SIG ArcView, dos mapas de tipo de solo e uso do solo, produzindo-se um mapa de CN para a bacia. Ponderando-se os valores de CN com as áreas em que ocorrem obteve-se o CN médio para a bacia hidrográfica. Para a bacia do Lontras CN = 65

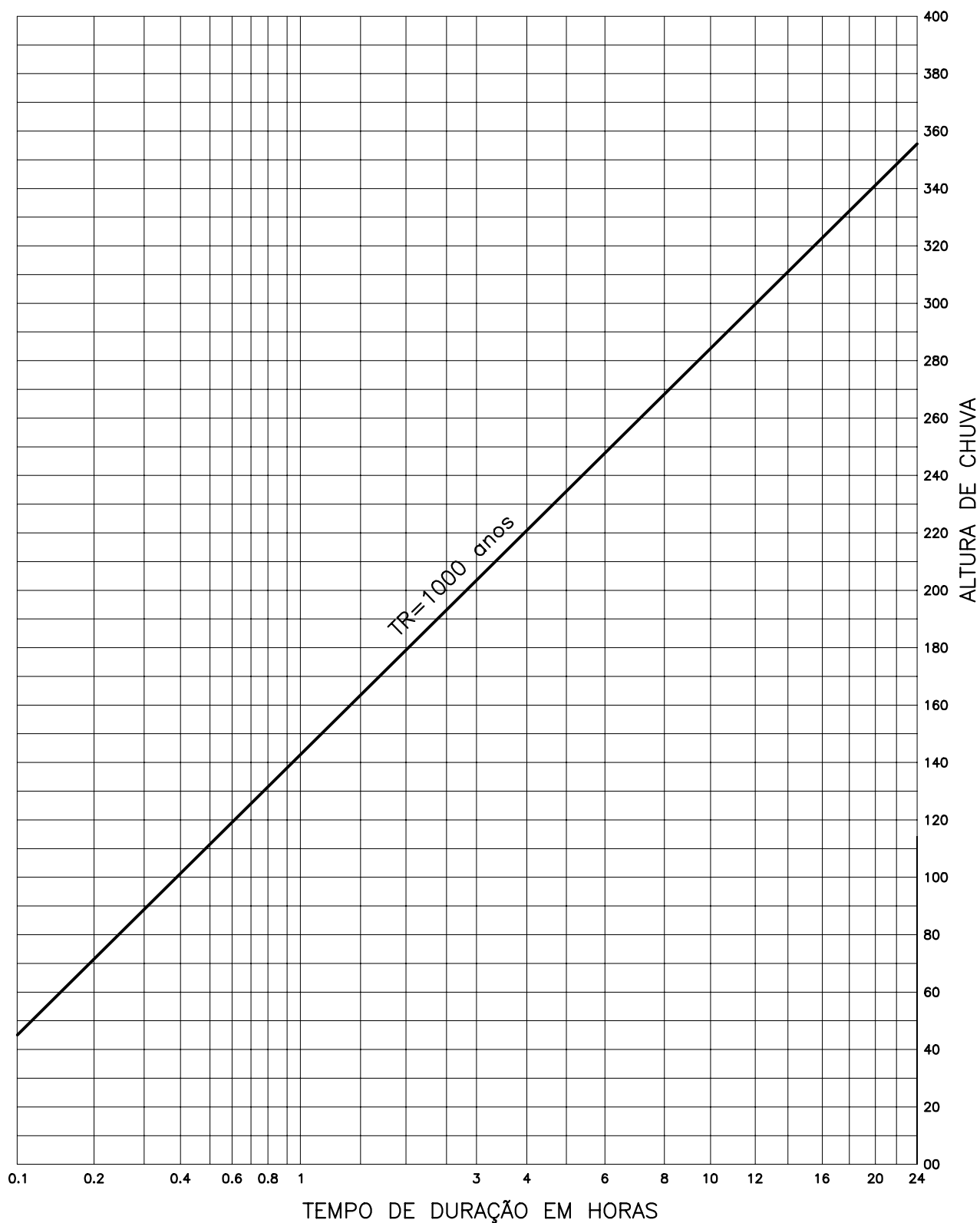
#### – Cheia de Projeto e Vazão de Saída do Vertedouro

A cheia de projeto para o período de retorno de 1000 anos foi estimada para o açude Lontras da seguinte forma:

- Simulou-se a cheia no açude Inhuçu e a laminação da mesma;
- Simulou-se a cheia afluyente ao açude Lontras;
- Somou-se os hidrogramas efluente do açude Inhuçu e afluyente ao açude Lontras e laminou-se o hidrograma resultante para obter-se o hidrograma de projeto.
- Repetiu-se o procedimento para diversos tipos e dimensões de sangradouro para permitir a escolha do projetista.

Vale salientar que a soma dos hidrogramas do Inhuçu e do Lontras é um processo simplificado. Na realidade, há uma atenuação do hidrograma efluente do Inhuçu no trecho de rio entre os dois reservatórios, mas no nível do estudo (viabilidade) não é necessário tal precisão. Além disso, da forma como foi feito o estudo está à favor da segurança.

O resultado da metodologia é apresentado no quadro a seguir.



## BACIA DO AÇUDE LONTRAS

FIGURA 4.3 – CURVAS PRECIPITAÇÃO–DURAÇÃO–FREQUÊNCIA  
MÉTODO DAS ISOZONAS



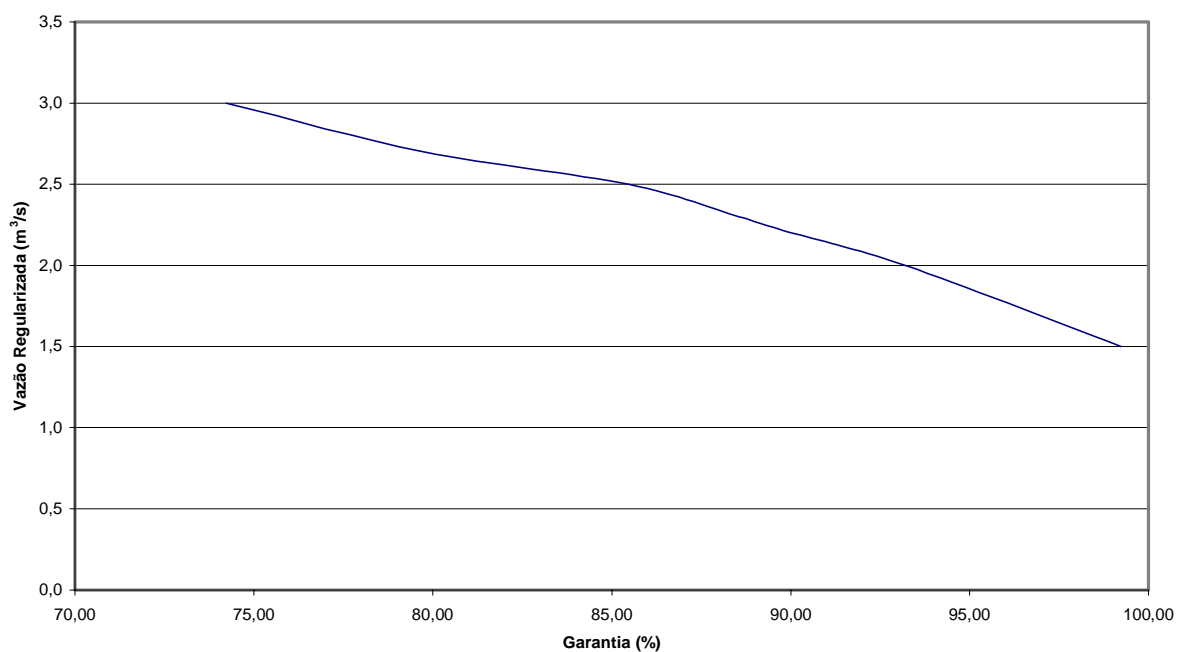
Vazão Máxima Afluente (TR-1000 Anos) = 3807 m<sup>3</sup>/s

Largura do Sangradouro (m)	Vazão Efluente Máxima (m <sup>3</sup> /s)	Lâmina Máxima de Sangria (m)
100	2787	5,78
125	2950	5,18
150	3045	4,69
175	3075	4,25
200	3094	3,9
225	3103	3,62
250	3112	3,37
275	3118	3,17
300	3146	3,02

#### – Curva de Regularização do Açude Lontras

Em complementação aos estudos hidrológicos, apresenta-se a seguir a curva de regularização para o açude Lontras.

Curva de Regularização do Açude Lontras



#### **4.2.7. Arranjo geral das Obras**

Um condicionante importante para a concepção do açude Lontras foi a preservação da zona urbana da cidade de Croatá e sua ligação rodoviária com Guaraciaba do Norte. A cota do rio sob a ponte de acesso a cidade foi verificada como sendo 529,0 m e foi tomada como limite para a lamina vertedoura do sangradouro.

Estudou-se, então, três possibilidades para a localização do elemento de sangria sendo: 1) um sangradouro em contato com o maciço, na ombreira direita, 2) dois sangradouros em contato com o maciço (um em cada ombreira) e 3) um sangradouro situado num talvegue do lado oeste da bacia.

A segunda possibilidade apresentou um menor volume de escavação porém tornou-se menos vantajosa que a primeira possibilidade devido ao maior volume de concreto necessário para os muros de contenção lateral.

A alternativa de sangria pelo lado oeste da bacia, para essa cota limite estabelecida, não mostrou-se topograficamente viável.

Concentrou-se, assim, os estudos num arranjo com um sangradouro na ombreira direita em contato com o maciço da barragem.

Uma galeria de tomada d'água foi localizada na parte baixa da ombreira esquerda tendo em vista a melhor condição de fraturamento e intemperismo do arenito de fundação além dos menores volumes de escavação para os canais de acesso e restituição.

A alternativa de um sangradouro central, em uma barragem do tipo gravidade em concreto, foi considerada inviável em função da incapacidade da rocha arenítica gerar agregados apropriados para os concretos necessários.

Portanto, o arranjo geral das obras ficou definido por um maciço ao longo de um eixo reto, um sangradouro situado na ombreira direita e uma tomada d'água na ombreira esquerda.

#### **4.2.8. Maciço**

##### **4.2.8.1. Alternativas de seção tipo**

Na escolha das alternativas de seções tipo do maciço da barragem principal foram consideradas as características técnicas do substrato rochoso da fundação, os condicionantes

topográficos do eixo e as características geotécnicas dos materiais dos empréstimos e pedreiras, além de suas disponibilidades.

A primeira alternativa estudada, seção tipo I da prancha LO-9 do Volume 2, consistiu numa seção de terra homogênea em solo SC, dreno vertical de areia ligado a um tapete drenante de areia, dreno de pé tipo aterro de enrocamento, proteção do talude de jusante em arenito britado e/ou matacões de rocha arenítica e proteção de montante com solo cimento. Considerou-se essa proteção sendo executada comitadamente com o maciço, em camadas com 2,0 m de largura e 0,30 m de espessura, sendo o material obtido através de mistura em usina na proporção de 93% de areia siltosa aluvionar e 7% de cimento. A compactação desse material pode ser realizada através de rolo liso com aba toroidal ou rolo de pneus com roda lateral inclinada, de forma a se obter uma compactação eficiente do talude das camadas.

A borda livre sobre o nível máximo do reservatório foi calculada considerando o talude de montante dotado de um solo cimento de grãos arredondados, obtendo-se para o coroamento a cota de 532,20 m.

Para o talude de montante foram adotadas inclinações de 1(V):2(H) para o intervalo de cotas 530,70- 525,00, 1(V):2,5(H) entre cotas 525,00- 512,00 e 1(V):3(H) abaixo da cota 512,00 m. No talude de jusante adotou-se taludes de 1(V):2(H), entre o coroamento e a cota 521,00, 1(V):2,5(H) entre cotas 521,00 – 503,00 , 1(V):3(H) abaixo da cota 503,00 e 1(V):1,5(H) no dreno de pé( abaixo da cota 494,00). Ao longo do talude de jusante foram indicadas bermas de drenagem nas cotas 521,00; 512,00 e 503,00.

Em toda a extensão do maciço foi projetada uma trincheira de vedação com 8 metros de largura na base, do tipo "cut- off", até atingir o substrato rochoso, portanto com profundidade máxima no trecho do rio, onde a camada aluvionar tem uma espessura próxima de 2,0 m.

Como uma segunda alternativa, seção II da prancha LO-10 do Volume 2, idealizou-se um maciço de terra homogêneo assemelhado a alternativa anterior porém, com proteção do talude de montante através de um rip-rap composto de uma espessura de 1,0 m de blocos de arenito são, sobrepostos a uma camada de 2,0 m de arenito muito fraturado, decomposto (tipo randon). Esse material de randon deve ser selecionado para funcionar como transição entre o solo do maciço e os blocos de arenito. Todos os taludes tem inclinações iguais a seção tipo I, assim como as bermas de drenagem e dreno de pé. A seção II, pela maior capacidade de dissipação de energia do elemento de proteção do talude de montante, tem uma borda livre menor e por conseguinte um coroamento em cota mais baixa, calculada em 530,70 m .

Para ambas as alternativas foi concebida uma cortina de injeções de impermeabilização, no eixo da trincheira de vedação, com 3 linhas de injeção, com o objetivo de diminuir as características de transmissibilidade hidráulica da fundação rochosa.

Embora o substrato rochoso apresente condições apropriadas para funcionar como fundação de uma barragem em concreto CCR, as características de resistência ao desgaste da rocha arenítica não recomendam o seu emprego como agregado de concretos de maiores responsabilidades. Por esta razão foi descartada a alternativa de uma seção em CCR.

Portanto, foram selecionadas as seções tipo I e II para serem quantificados os serviços necessários e os custos de cada uma dessas alternativas, para a construção do barramento.

#### **4.2.8.2. Seção escolhida**

A alternativa chamada de seção tipo II, com maciço em terra homogênea e proteção de montante do tipo rip rap em rochas areníticas, mostrou-se com menor custo de implantação, conforme planilhas apresentadas no item 4.2.12, e portanto foi escolhida para o desenvolvimento do anteprojeto.

Desta forma o maciço da barragem será de terra homogênea, com largura da crista de 8,0 m e cota 530,70. A inclinação do talude de montante variará de 2,0 : 1,0 até 3,0 : 1,0(H:V) e o de jusante de 2,0 : 1,0 até 2,75 : 1,0 (H:V).

O talude de jusante terão bermas de drenagem, com 2,0 m de largura, nas cotas 521,0 ; 512,0 ; 503,0 e 494,0 , sendo que abaixo dessa última será formado o rock- fill.

Ao longo de todo o maciço será escavada uma trincheira de vedação, com 8,0 m de base sobre a rocha de fundação, com taludes de 1,0 : 1,0. As características do maciço podem ser observadas no Volume 2 – Anteprojeto das Obras , na prancha LO- 10.

No eixo da trincheira será executada uma cortina de impermeabilização, composta de 3 linhas de injeções, com profundidade de  $2/3h$ , onde  $h$  é a coluna d'água no ponto a ser injetado. Os detalhes executivos dessa cortina são apresentados na prancha LO- 07 do Volume 2 – Anteprojeto das Obras, embora sejam apenas uma concepção preliminar, necessitando em estudo detalhado para redução da capacidade de transmissão hidráulica do arenito de fundação. O Açude Jaburu, em geologia semelhante, que vem apresentando problemas de percolação da fundação deve ser analisado em profundidade.

A drenagem do maciço será feita por um filtro do tipo chaminé com largura de 1,0 m e topo na cota 529,25 m, e por um filtro horizontal com espessura de 1,0 m, que a partir do filtro chaminé cobre toda a extensão de jusante até o rock- fill.

O rock- fill tem uma seção trapezoidal com 2,0 m de largura na cota 494,0 m e inclinação do talude de montante de 1,0 : 1,0 e de jusante de 1,5 : 1,0 (H:V).

A proteção do maciço contra a ação das ondas do lago será feita por um rip- rap de 1,0 m de espessura sobreposto a uma transição com 2,0 m de randon. Para proteção do talude de jusante contra chuvas e erosões será executada uma camada de brita corrida com 0,40 m de espessura., obtida da rocha arenítica.

#### **4.2.9. Sangradouro**

##### **4.2.9.1. Alternativas de localização e tipo**

Para a localização do elemento de sangria do reservatório do açude Lontras foi estudado uma alternativa localizada no lado oeste da bacia, entre as serras de São José dos Lontras e da Pedra Rachada. No entanto os levantamentos altimétricos realizados nessa região mostraram que a cota do divisor encontra-se muito acima do nível da cidade de Croatá, cerca de 12 m, o que implica em escavações tão volumosas que inviabilizam a construção do sangradouro.

Outras alternativas estudadas para a localização do sangradouro foi 1) a adoção de um canal único de maiores dimensões na ombreira direita e 2) dois pequenos canais, um em cada ombreira. O estudo de custos dessas alternativas mostrou ser mais viável a opção de um único canal na ombreira direita.

Quanto ao tipo de estrutura a ser adotado para o elemento de sangria foi analisada a viabilidade técnica e econômica de implantação de um canal em soleira espessa e de um perfil do tipo Creager. Pela situação altimétrica do perfil do substrato rochoso competente, tornou-se mais viável a adoção de um muro vertedouro do tipo Creager.

A possibilidade de adoção de um muro tipo labirinto para sangradouro foi descartada diante da ausência, em toda a região serrana, de agregados pétreos de características próprias para uso em concreto estrutural.

#### **4.2.9.2. Sangradouro escolhido**

O sangradouro em perfil tipo Creager, dimensionado para uma vazão milenar afluyente de 3.807 m<sup>3</sup>/s, tem uma largura de 175 m com uma lâmina máxima de 4,25 m e cota de sangria na 525,00 m. O canal de aproximação foi idealizado na cota 523,50 m, enquanto que a fundação do Creager e o canal de restituição foram previstos em rocha mais competente na cota 520,00 m. Um muro lateral solidário ao Creager foi projetado no lado esquerdo para conter o maciço da barragem e outro no lado direito para proteger as escavações do caudal de sangria. Os detalhes do elemento de sangria são apresentados na prancha LO 08 do Volume 2 – Anteprojeto das Obras

A vazão máxima efluente dessa estrutura vertedoura foi calculada em 3.075 m<sup>3</sup>/s

#### **4.2.10. Tomada D'água**

A tomada d'água foi projetada na estaca 29, situada na ombreira esquerda, onde as condições topográficas e geológicas são mais favoráveis. Considerou-se no seu dimensionamento a possibilidade de conferir ao rio um fluxo regular, por todo o ano, igual a vazão regularizável do reservatório, calculada para uma garantia de 95% em 1,40 m<sup>3</sup>/s, embora a finalidade primordial do reservatório seja o suprimento do canal de integração.

A tomada d'água foi definida como uma galeria do tipo conduto forçado, com uma linha de diâmetro de 800 mm e uma extensão de 170 m.

A montante da galeria foi projetado um canal de aproximação escavado na cota 502,50 m e uma caixa de entrada com grade de proteção do conduto. A jusante previu-se uma bacia de dissipação com cerca de 12,0 m, onde se encontram um registro de gaveta, uma válvula borboleta e um vertedor, seguida de um canal de fuga.

A estrutura da tomada d'água é apresentada na prancha LO-11 do Volume 2 – Anteprojeto das Obras .

#### 4.2.11. Características Técnicas da Alternativa Escolhida

As principais características técnicas das obras do açude Lontras podem ser assim resumidas:

##### a) Localização:

- Rio barrado: Rio Inhuçu
- Município: Croatá
- Estado: Ceará

##### b) Características gerais:

- Área de drenagem: 518,46 Km<sup>2</sup>
- Área do reservatório (cota = 525,0 m): 1.041 ha
- Volume morto do reservatório (cota = 502,50 m): 12,05 hm<sup>3</sup>
- Volume máximo do reservatório (cota = 525,0 m): 134,7 hm<sup>3</sup>
- N. A. máximo normal = 525,00 m
- N. A. máximo maximorum = 529,25 m
- N. A. mínimo operacional = 502,50 m

##### c) Barragem Principal

- Tipo = Terra homogênea
- Cota do Coroamento = 530,70 m
- Altura máxima = 41,25 m
- Comprimento da crista = 1.041,51 m
- Largura da crista = 8,00 m
- Volume de solo do maciço = 1.221.197,22 m<sup>3</sup>

- Volume de enrocamento = 2.417,73 m<sup>3</sup>
- Volume de rip- rap = 57.420,78 m<sup>3</sup>
- Volume de Randon = 111.391,42 m<sup>3</sup>
- Volume de areia para filtro = 73.452,54 m<sup>3</sup>

#### **d) Sangradouro**

- Tipo = Perfil tipo Creager
- Cota da soleira = 525,00 m
- Largura = 175,00 m
- Vazão efluente = 3.075,00 m<sup>3</sup>/s
- Lâmina d'água máxima = 4,25 m

#### **e) Tomada d'água**

- Tipo = Conduto forçado
- Número de conduto = 1
- Diâmetro do conduto = 800 mm
- Comprimento do conduto = 170,0 m
- Vazão regularizada (95%) = 1,40 m<sup>3</sup>/s

#### **4.2.12. Quantitativos e Custos**

Nas páginas seguintes são apresentadas as planilhas de quantitativos e custos para as duas alternativas de seção tipo estudadas. Os preços unitários foram obtidos na tabela da SRH (05/99), na tabela do DNOCS (08/99) e, para serviços não constantes destas, nas obras em andamento na SRH.



**RESUMO DOS CUSTOS DAS ALTERNATIVAS ESTUDADAS**

<b>ALTERNATIVA</b>	<b>SEÇÃO TIPO</b>	<b>CUSTO DAS OBRAS</b>	<b>CUSTO DE PROJETO, SUPERVISÃO E EVENTUAIS</b>	<b>CUTO TOTAL</b>
Terra homogênea com solo cimento	I	16.864.971,66	1.311.348,85	<b>18.176.320,51</b>
Terra homogênea com proteção de rip-rap	II	15.380.571,15	1.311.348,85	<b>16.691.920,00</b>



MONTGOMERY WATSON



## EIXO: LONTRAS

## SEÇÃO TIPO: TERRA HOMOGÊNEA COM SOLO-CIMENTO

ORÇAMENTO						
Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>1.</b>	<b>TRABALHOS PREPARATÓRIOS:</b>					
1.1	Caminhos de Serviços com plataforma de 6,0m	km	DNOCS 1:01:511:2	3,50	1.436,59	5.028,07
1.2	Estrada de Acesso, faixa de domínio de 10,0m, greide colado, pista de rolamento de 6,0m e 0,15m de espessura, revestida em piçarra compactada, com valetas de drenagem, incluindo obras de arte e os aterros a estas associadas	km	DNOCS 1:01:530:2	5,00	14.459,13	72.295,65
1.3	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	m <sup>2</sup>	SRH - 01.01.01	1.109.844,75	0,07	77.689,13
1.4	Expurgo nas áreas de implant.da barragem e jazidas, c/bota-fora de até 0,30km, medido no corte	m <sup>3</sup>	SRH- 90.02.05	106.522,11	1,97	209.848,56
	<b>TOTAL DO ITEM 1</b>					<b>364.861,40</b>
<b>2.</b>	<b>BARRAGEM</b>					
<b>2.1</b>	<b>Fundação:</b>					
2.1.1	Escav., carga, transp. e descarga com bota-fora até 0,30km, em material de 1ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	6.243,49	2,28	14.235,16
2.1.2	Escav., carga, transp.e descarga com bota-fora até 0,30km em material de 2ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.52	807,46	2,76	2.228,59
2.1.3	Escav., carga, transp.e descarga com bota fora até 0,30 km em material de 3ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.04.04	165,65	16,75	2.774,64
2.1.4	Escav.,carga, transp.e descarga de material de 1ª categ.da fundação c/ rebaixamento do lençol freático e bota-fora de 0,30 km	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:540:2	399,24	43,22	17.255,15
2.1.5	Escavação carga, transporte e descarga de material de 2ª categoria da fundação c/ rebaixamento do lençol freático e bota-fora de 0,30 km	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:560:2	133,08	48,66	6.475,67
2.1.6	Perfur. para injeção de cimento, com equipamento rotopercussivo diâm. de 2 1/2"	m	SRH - 20.15.01	13.235,52	59,00	780.895,68
2.1.7	Perfuração com equipamento rotativo diâmetro NX, inclusive ensaios.	m	DNOCS 1:08:812:2	3.308,88	183,66	607.708,90
2.1.8	Fornecimento de cimento e aplic.de injeção para imperm. da rocha da fundação	kg	SRH - 20.15.08	827.220,00	0,80	661.776,00
<b>2.2</b>	<b>Maciço</b>					
2.2.1	Escav., carga, transp.e descarga de material de 1ª categoria das jazidas até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	1.785.688,30	2,28	4.071.369,32
2.2.2	Execução de proteção em solo-cimento, inclusive fornecimento de cimento, extração de solo, carga, descarga e transportes	m <sup>3</sup>	Obras em execução	46.884,90	40,20	1.884.772,98
2.2.3	Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e adensamento de areia para filtros	m <sup>3</sup>	SRH -20.20.10	73.452,54	12,44	913.749,60
2.2.4	Transporte complementar do material de 1ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:090:2	408.554,44	1,08	441.238,80
2.2.5	Espalh. umedecimento e compact. do material argiloso na barragem e fundação	m <sup>3</sup>	SRH -20.40.02	1.488.073,58	1,17	1.741.046,09
2.2.6	Fornec.,inclusive extração,carga,britagem,transp.até 0,30km,descarga.e exec.da transição	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:281:2	666,91	34,40	22.941,70
2.2.7	Fornecimento, inclusive, extração, carga, britagem, transporte até 0,30km, descarga, espalhamento e compactação do enrocamento (Rock - Fill)	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:209/210/90/2	2.417,73	13,73	33.195,43
2.2.8	Fornecimento do revestimento para o talude de jusante, pedrisco ou cascalho, inclusive extração, carga, transporte, descarga espalhamento e compactação	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:281:2	22.561,56	10,32	232.835,30
2.2.9	Regularização manual e compactação dos taludes	m <sup>2</sup>	SRH -20.50.02	116.977,04	2,73	319.347,32
2.2.10	Transporte complementar do material de 3ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:110:2	17.952,34	1,29	23.158,52
<b>2.3</b>	<b>Drenagem</b>					
2.3.1	Concr.armado inclusive formas e ferro c/consumo de 300kg de cim. m <sup>3</sup> p/calha coletora e descida d'água	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:07:070:3	326,88	516,08	168.696,23
2.3.2	Fornec.e assent.de meio-fio, concr.simples consumo de 300 kg/m <sup>3</sup> ,para o coroamento da	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:07:040:3	109,49	496,84	54.399,01
2.3.3	Alvenaria de pedra no traço 1:3 de cimento e areia para canaletas das ombreiras	m <sup>3</sup>	DETE-CE 10.012.01	95,49	106,87	10.205,02
	<b>TOTAL DO ITEM 2</b>					<b>12.010.305,11</b>
<b>3.</b>	<b>SANGRADOURO:</b>					
<b>3.1</b>	<b>Escavação:</b>					
3.1.1	Escav.,carga,transp. e descarga de material de 1ªcategoria c/transporte até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	17.849,48	2,28	40.696,81
3.1.2	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 2ª categoria c/bota-fora até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.52	19.835,42	2,76	54.745,76
3.1.3	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 3ª categoria c/ bota-fora até 0,30 km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.04.04	79.341,70	16,75	1.328.973,48
3.1.4	Concreto Estrutural muros laterais	m <sup>3</sup>	SRH - 90.30.20	1.358,76	516,08	701.228,86
3.1.5	Concreto Convencional de face para Creager	m <sup>3</sup>	SRH - 20.30.30/35	1.104,60	194,73	215.098,76
3.1.6	Concreto Ciclópico para Creager	m <sup>3</sup>	SRH - 90.30.09	4.151,00	144,00	597.744,00
3.1.7	Concreto de Regularização com consumo de cimento de 200Kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	SRH - 90.30.03	381,50	151,77	57.900,26
	<b>TOTAL DO ITEM 3</b>					<b>2.996.387,92</b>



MONTGOMERY WATSON



## EIXO: LONTRAS

## SEÇÃO TIPO: TERRA HOMOGÊNEA COM SOLO-CIMENTO

ORÇAMENTO						
Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>4. TOMADA D'ÁGUA</b>						
<b>4.1 Escavação:</b>						
4.1.1 Escav.,carga,transp.e descarga de material de 1ªcategoria c/bota-fora até 0,30km		m³	SRH - 01.07.02	68,00	2,28	155,04
4.1.2 Escav.,carga,transp.e descarga de material de 2ªcategoria c/bota-fora até 0,30km		m³	SRH - 01.07.52	701,08	2,76	1.934,98
4.1.3 Escav.,carga,transp.e descarga de material de 3ªcategoria c/bota-fora até 0,30km		m³	SRH - 01.04.04	1.051,62	16,75	17.614,64
4.1.4 Reaterro lateral com compactação manual		m³	SRH - 15.18.02	658,24	8,74	5.753,02
<b>4.2 Canal de acesso</b>						
4.2.1 Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação do material do enrocamento		m³	SRH - 20.45.06	6,00	25,45	152,70
<b>4.3 Concreto:</b>						
4.3.1 Concreto armado com fck = 15 MPa para galeria, boca de montante e medidor de vazão inclusive ferro, forma e escoramento		m³	SRH -90.30.20	508,72	516,08	262.540,22
4.3.2 Concreto armado fck = 15 MPa para caixa de saída		m³	SRH -90.30.20	36,00	516,08	18.578,88
4.3.3 Concreto simples com consumo de cimento de 200kg/m³ para regularização		m³	SRH - 90.30.03	170,00	151,77	25.800,90
4.3.4 Alvenaria de pedra argamassada no traço 1:3 de cimento areia, inclusive forma		m³	SRH - 12.12.10	3,00	106,87	320,61
4.3.5 Fornecimento e assentamento de Junta de vedação Fungeband Tipo O-22		m	SRH -20.85.01	65,70	56,26	3.696,28
<b>4.4 Equipamento Hidráulico/Mecânico</b>						
4.4.1 Fornecimento e montagem de Tubo de aço com diâmetro de 800 mm, espessura de 3/8", aço ASTM-A-36 ou A-283-C, inclusive todos os acessórios de interligações das conexões e equipamentos de manobras, tais como parafuso, porcas, borrachas de vedações, etc.		m	Obras em execução	170,00	840,00	142.800,00
4.4.2 Fornecimento e montagem de Registro de gaveta com 800mm de diâmetro, com By-Pass, flange, volante, redutor de engrenagem, PN=10mca acionamento manual		ud	Obras em execução	1,00	24.000,00	24.000,00
4.4.3 Fornecimento e montagem de Registro de gaveta com 200mm de diâmetro, com By-Pass, flange, volante, redutor de engrenagem, PN=10mca acionamento manual		ud	Obras em execução	1,00	3.420,00	3.420,00
4.4.4 Junta de desmontagem com trava axial DN 800mm, fornecimento e montagem		ud	Obras em execução	1,00	960,00	960,00
4.4.5 Fornecimento e montagem de Válvula Borboleta com flanges DN 800mm com acionamento manual por volante		ud	Obras em execução	1,00	14.400,00	14.400,00
4.4.6 Fornecimento e montagem de grade de ferro para proteção da boca de montante		kg	Obras em execução	250,00	2,64	660,00
4.4.7 Fornecimento e montagem de Tê em aço com flange L=0,50m DN 800mm x 200mm		ud	Obras em execução	1,00	420,00	420,00
4.4.8 Fornecimento e montagem de toco de aço com flange ponta L=0,50m DN 800mm espessura		ud	Obras em execução	1,00	360,00	360,00
4.4.9 Revestimento externo com Tinta Primária em três demãos (zarcão = 2 demãos) + (alumínio = 1 demão) numa espessura total de 120 micra, aplicado nas tubulações em aço		m²	Obras em execução	491,30	14,40	7.074,72
4.4.10 Revestimento interno com COLTAR EPOXI AWWA - C-210 numa espessura mínima de 400 micra, aplicado nas tubulações em aço		m²	Obras em execução	459,00	16,80	7.711,20
4.4.11 Comporta tipo Stop-Log (fornecimento e montagem)		ud	Obras em execução	1,00	7.920,00	7.920,00
4.4.12 Vertedouro em chapa de aço (fornecimento e montagem)		ud	Obras em execução	1,00	3.536,06	3.536,06
<b>TOTAL DO ITEM 4</b>						<b>549.809,24</b>
<b>5. BACIA HIDRÁULICA</b>						
5.1 Desmatamento racional da bacia hidráulica		ha	DNOCS 1: 01:730:2	1.373,00	687,26	943.607,98
<b>TOTAL DO ITEM 5</b>						<b>943.607,98</b>
<b>TOTAL GERAL</b>						<b>16.864.971,66</b>



MONTGOMERY WATSON



## EIXO: LONTRAS

## SECÃO TIPO: TERRA HOMOGÊNEA COM PROTEÇÃO DE RIP-RAP

## ORÇAMENTO

Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>1. TRABALHOS PREPARATÓRIOS:</b>						
1.1	Caminhos de Serviços com plataforma de 6,0m	km	DNOCS 1:01:511:2	3,50	1.436,59	5.028,07
1.2	Estrada de Acesso, faixa de domínio de 10,0m, greide colado, pista de rolamento de 6,0m e 0,15m de espessura, revestida em piçarra compactada, com valetas de drenagem, incluindo obras de arte e os aterros a estas associadas	km	DNOCS 1:01:530:2	5,00	14.459,13	72.295,65
1.3	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	m <sup>2</sup>	SRH - 01.01.01	957.273,36	0,07	67.009,14
1.4	Expurgo nas áreas de implant.da barragem e jazidas, c/bota-fora de até 0,30km, medido no corte	m <sup>3</sup>	SRH- 90.02.05	91.264,97	1,97	179.791,99
	<b>TOTAL DO ITEM 1</b>					<b>324.124,84</b>
<b>2. BARRAGEM</b>						
<b>2.1 Fundação:</b>						
2.1.1	Escav., carga, transp. e descarga com bota-fora até 0,30km, em material de 1ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	6.243,49	2,28	14.235,16
2.1.2	Escav., carga, transp.e descarga com bota-fora até 0,30km em material de 2ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.52	807,46	2,76	2.228,59
2.1.3	Escav., carga, transp.e descarga com bota fora até 0,30 km em material de 3ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.04.04	165,65	16,75	2.774,64
2.1.4	Escav.,carga, transp.e descarga de material de 1ª categ.da fundação c/ rebaixamento do lençol frático e bota-fora de 0,30 km	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:540:2	399,24	43,22	17.255,15
2.1.5	Escavação carga, transporte e descarga de material de 2ª categoria da fundação c/ rebaixamento do lençol frático e bota-fora de 0,30 km	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:560:2	133,08	48,66	6.475,67
2.1.6	Perfur. para injeção de cimento, com equipamento rotopercussivo diâm. de 2 1/2"	m	Obras em execução	13.235,52	59,00	780.895,68
2.1.7	Perfuração com equipamento rotativo diâmetro NX, inclusive ensaios.	m	DNOCS 1:08:812:2	3.308,88	183,66	607.708,90
2.1.9	Fornecimento de cimento e aplic.de injeção para imperm. da rocha da fundação	kg	SRH - 20.15.08	827.220,00	0,80	661.776,00
<b>2.2 Maciço</b>						
2.2.1	Escav., carga, transp.e descarga de material de 1ª categoria das jazidas até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	1.498.854,08	2,28	3.417.387,30
2.2.2	Fornecimento, inclusive extração, carga, britagem, transp.até 0,30km, descarga, espalh.mecânico e arrumação manual de material de 3ª categoria para Rip - Rap	m <sup>3</sup>	SRH -20.45.06	57.443,12	25,45	1.461.927,40
2.2.3	Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e adensamento de areia para filtros	m <sup>3</sup>	SRH -20.20.10	73.452,54	12,44	913.749,60
2.2.4	Transporte complementar do material de 1ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:090:2	351.187,59	1,08	379.282,60
2.2.5	Espalh. umedecimento e compact. do material argiloso na barragem e fundação	m <sup>3</sup>	SRH - 20.40.02	1.249.045,07	1,17	1.461.382,73
2.2.6	Fornec.,inclusive extração,carga,britagem,transp.até 0,30km,descarga,e exec.da transição	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:281:2	666,91	34,40	22.941,70
2.2.7	Fornecimento, inclusive, extração, carga, britagem, transporte até 0,30km, descarga, espalhamento e compactação do enrocamento (Rock - Fill)	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:209/210/90/2	2.417,73	13,73	33.195,43
2.2.8	Fornecimento do revestimento para o talude de jusante, pedrisco ou cascalho, inclusive extração, carga, transporte, descarga espalhamento e compactação	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:281:2	22.561,56	10,32	232.835,30
2.2.9	Regularização manual e compactação dos taludes	m <sup>2</sup>	SRH -20.50.02	116.977,04	2,73	319.347,32
2.2.10	Transporte complementar do material de 3ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:110:2	83.225,59	1,29	107.361,01
<b>2.3 Drenagem</b>						
2.3.1	Concr.armado inclusive formas e ferro c/consumo de 300kg de cim. m <sup>3</sup> p/calha coletora e descida d'água	m <sup>3</sup>	SRH-90.30.20	326,88	516,08	168.696,23
2.3.2	Fornec.e assent.de meio-fio, concr.simples consumo de 300 kg/m <sup>3</sup> ,para o coroamento da barragem	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:07:040:3	109,49	496,84	54.399,01
2.3.3	Alvenaria de pedra no traço 1:3 de cimento e areia para canaletas das ombreiras	m <sup>3</sup>	SRH-12.12.10	95,49	106,87	10.205,02
	<b>TOTAL DO ITEM 2</b>					<b>10.676.060,45</b>
<b>3. SANGRADOURO:</b>						
<b>3.1 Escavação:</b>						
3.1.1	Escav.,carga,transp. e descarga de material de 1ªcategoria c/transporte até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	17.849,48	2,28	40.696,81
3.1.2	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 2ª categoria c/bota-fora até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.52	19.835,42	2,76	54.745,76
3.1.3	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 3ª categoria c/ bota-fora até 0,30 km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.04.04	79.341,70	16,75	1.328.973,48
3.1.4	Concreto Estrutural muros laterais	m <sup>3</sup>	SRH - 90.30.20	1.146,74	516,08	591.809,58
3.1.5	Concreto Convencional de face para Creager	m <sup>3</sup>	SRH - 20.30.30/35	1.104,60	194,73	215.098,76
3.1.6	Concreto Ciclóptico para Creager	m <sup>3</sup>	SRH - 90.30.09	4.151,00	144,00	597.744,00
3.1.7	Concreto de Regularização com consumo de cimento de 200Kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	SRH - 90.30.03	381,50	151,77	57.900,26
	<b>TOTAL DO ITEM 3</b>					<b>2.886.968,64</b>



MONTGOMERY WATSON



## EIXO: LONTRAS

## SECÃO TIPO: TERRA HOMOGÊNEA COM PROTEÇÃO DE RIP-RAP

## ORÇAMENTO

Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>4. TOMADA D'ÁGUA</b>						
<b>4.1 Escavação:</b>						
4.1.1 Escav.,carga,transp.e descarga de material de 1ªcategoria c/bota-fora até 0,30km		m³	SRH - 01.07.02	68,00	2,28	155,04
4.1.2 Escav.,carga,transp.e descarga de material de 2ªcategoria c/bota-fora até 0,30km		m³	SRH - 01.07.52	701,08	2,76	1.934,98
4.1.3 Escav.,carga,transp.e descarga de material de 3ªcategoria c/bota-fora até 0,30km		m³	SRH - 01.04.04	1.051,62	16,75	17.614,64
4.1.4 Reaterro lateral com compactação manual		m³	SRH - 15.18.02	658,24	8,74	5.753,02
<b>4.2 Canal de acesso</b>						
4.2.1 Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação do material do enrocamento		m³	SRH - 20.45.06	6,00	25,45	152,70
<b>4.3 Concreto:</b>						
4.3.1 Concreto armado com fck = 15 MPa para galeria, boca de montante e medidor de vazão inclusive ferro, forma e escoramento		m³	SRH -90.30.20	508,72	516,08	262.540,22
4.3.2 Concreto armado fck = 15 MPa para caixa de saída		m³	SRH -90.30.20	36,00	516,08	18.578,88
4.3.3 Concreto simples com consumo de cimento de 200kg/m³ para regularização		m³	SRH - 90.30.03	170,00	151,77	25.800,90
4.3.4 Alvenaria de pedra argamassada no traço 1:3 de cimento areia, inclusive forma		m³	SRH - 12.12.10	3,00	106,87	320,61
4.3.5 Fornecimento e assentamento de Junta de vedação Fungeband Tipo O-22		m	DNOCS-1:09:040:3	65,70	56,26	3.696,28
<b>4.4 Equipamento Hidráulico/Mecânico</b>						
4.4.1 Fornecimento e montagem de Tubo de aço com diâmetro de 800 mm, espessura de 3/8", aço ASTM-A-36 ou A-283-C, inclusive todos os acessórios de interligações das conexões e equipamentos de manobras, tais como parafuso, porcas, borrachas de vedações, etc.		m	Obras em execução	170,00	840,00	142.800,00
4.4.2 Fornecimento e montagem de Registro de gaveta com 800mm de diâmetro, com By-Pass, flange, volante, redutor de engrenagem, PN=10mca acionamento manual		ud	Obras em execução	1,00	24.000,00	24.000,00
4.4.3 Fornecimento e montagem de Registro de gaveta com 200mm de diâmetro, com By-Pass, flange, volante, redutor de engrenagem, PN=10mca acionamento manual		ud	Obras em execução	1,00	3.420,00	3.420,00
4.4.4 Junta de desmontagem com trava axial DN 800mm, fornecimento e montagem		ud	Obras em execução	1,00	960,00	960,00
4.4.5 Fornecimento e montagem de Válvula Borboleta com flanges DN 800mm com acionamento manual por volante		ud	Obras em execução	1,00	14.400,00	14.400,00
4.4.6 Fornecimento e montagem de grade de ferro para proteção da boca de montante		kg	Obras em execução	250,00	2,64	660,00
4.4.7 Fornecimento e montagem de Tê em aço com flange L=0,50m DN 800mm x 200mm		ud	Obras em execução	1,00	420,00	420,00
4.4.8 Fornecimento e montagem de toco de aço com flange ponta L=0,50m DN 800mm espessura		ud	Obras em execução	1,00	360,00	360,00
4.4.9 Revestimento externo com Tinta Primária em três demãos (zarcão = 2 demãos) + (alumínio = 1 demão) numa espessura total de 120 micra, aplicado nas tubulações em aço		m²	Obras em execução	491,30	14,40	7.074,72
4.4.10 Revestimento interno com COLTAR EPOXI AWWA - C-210 numa espessura mínima de 400 micra, aplicado nas tubulações em aço		m²	Obras em execução	459,00	16,80	7.711,20
4.4.11 Comporta tipo Stop-Log (fornecimento e montagem)		ud	Obras em execução	1,00	7.920,00	7.920,00
4.4.12 Vertedouro em chapa de aço (fornecimento e montagem)		ud	Obras em execução	1,00	3.536,06	3.536,06
<b>TOTAL DO ITEM 4</b>						<b>549.809,24</b>
<b>5. BACIA HIDRÁULICA</b>						
5.1 Desmatamento racional da bacia hidráulica		ha	SRH-01.01.05/06	1.373,00	687,26	943.607,98
<b>TOTAL DO ITEM 5</b>						<b>943.607,98</b>
<b>TOTAL GERAL</b>						<b>15.380.571,15</b>

### 4.3. AÇUDE INHUÇU

#### 4.3.1. Generalidades

A finalidade de se construir um açude a montante da cidade de Croatá, no rio Inhuçu, é de fornecer uma vazão regular adicional ao açude Lontras para, a partir desse último, suprir o canal de integração idealizado para o sopé da serra da Ibiapaba, com geração de energia elétrica.

O maciço do açude Inhuçu pode, a princípio localizar-se desde um boqueirão a 2 km à montante da cidade de Croatá até a confluência do rio Piau com o rio Inhuçu, situada a montante do distrito de Barra do Sotero e a uma distancia de 12 km para Croatá.

No trecho com possibilidades de construção do maciço, o rio atravessa um vale largo e plano com encostas rochosas relativamente íngremes. Os eixos alternativos são caracterizados pelos pontos de menor distancia entre as encostas rochosas.

Selecionou-se, ao longo desse trecho de 10 km do rio Inhuçu, três boqueirões mais apropriados para análise. O eixo Inhuçu nº 1, situado a 2 km da cidade de Croatá, foi preterido por apresentar dificuldades topográficas para comportar um elemento de sangria das dimensões estimadas, além de inundar dois povoados (Volta do rio e Barra do Sotero) e uma rodovia de terra que faz a ligação dessa região da serra da Ibiapaba com o estado do Piauí.

O eixo Inhuçu nº 2, situado 4 km a montante do primeiro, apresenta uma possibilidade de sangria pelo lado esquerdo da bacia em condições topográficas muito favoráveis porém, inunda o distrito de Barra do Sotero.

O eixo nº 3, situado a 6 km do segundo e imediatamente a montante de Barra do Sotero, foi objeto de levantamentos topográficos de campo para obtenção de um eixo que barrasse também o rio Piau, não atingisse as construções existentes na zona urbana e ao mesmo tempo criasse um único reservatório nos dois rios. Conseguiu-se atender essas três premissas com um eixo curvo para montante porém, a ausência de um local para sangria inviabilizou esse sítio. Mesmo para a remota possibilidade de uma barragem de gravidade, o caudal de sangria atingiria a sede municipal de Barra do Sotero.

Um quarto boqueirão foi inspecionado no rio Inhuçu, a montante da confluência com o rio Piau, em local onde o mesmo transcorre por um vale bastante estreito, pequeno “canion”, no entanto constatou-se que o volume acumulado seria muito inferior à grandeza desejada.

Considerando inevitável o remanejamento do distrito de Barra do Sotero verificou-se que o eixo nº 2 possui melhores condições técnicas e econômicas para abrigar o barramento do açude.

#### **4.3.2. Localização e Acesso**

O eixo selecionado para o açude Inhuçu situa-se na Serra da Ibiapaba, na região oeste do estado do Ceará, a cerca de 6 km a norte da cidade de Croatá. O eixo cruza o rio Inhuçu nas coordenadas N 9.515.300 e E 283.950 .

O acesso ao local do eixo, a partir de Fortaleza, é feito pelas rodovias pavimentadas com revestimento asfáltico Br-020(até Canindé), Ce-257(até Ipu), Ce-187(até a entrada de Guaraciaba do Norte) e Ce-327(até Croata) ,num percurso de 404 km, e mais 6 km em estrada de terra.

#### **4.3.3. Geologia Regional e Local**

##### **Geologia Regional**

A geologia da serra da Ibiapaba encontra-se descrita no item 4.2.3 deste volume.

##### **Geologia do Local**

O fundo do vale e as encostas laterais nos eixos alternativos são caracterizados por afloramentos de arenito são, mas de baixa consistência, da Formação Serra Grande, com intercamamentos finos de siltito. As rochas mergulham levemente para Oeste. Existem depósitos pouco espessos de areia aluvionar adjacente ao leito do rio

Segundo o mapeamento geológico e confirmado pelas sondagens e poços, os eixos alternativos escolhidos para as barragens apresentam ótimas condições de fundação, tanto para uma barragem de gravidade ou de terra. A fundação de uma barragem de gravidade ou terra seria em contato com rocha sã em sua área total, e obrigaria uma escavação de aproximadamente 2,0m de profundidade. Uma barragem de terra provavelmente seria fundada neste aluvião com escavação de apenas 1,0m. Para garantir a permeabilidade da barragem será necessária a escavação de um cut-off até rocha sã ao longo do eixo da barragem.

Os afloramentos de rocha mapeados e os testemunhos de sondagem indicam um maciço rochoso pouco intemperizado, mas pouco consolidado e fraco. Além disso o maciço evidencia varias famílias de juntas. A principal delas sendo paralela ao acamamento das rochas sedimentares devido ao alívio de tensão. Dois outros sistemas de juntas subverticais ocorrem com direção N-S e L-O.

Baseado nos ensaios de perda d'água nas sondagens, verifica-se que o maciço rochoso da fundação é bastante permeável até 10m de profundidade, como consequência das fraturas abertas. Esta zona tanto pode ser escavada como injetada com calda de cimento.

Devida a topografia íngreme das ombreiras da barragem e encostas do reservatório e ao acamamento quase horizontal do maciço rochoso, a estabilidade e permeabilidade do reservatório devem ser avaliadas cuidadosamente nos estudos do Projeto Básico.

#### **4.3.4. Estudos Geotécnicos**

Foi realizado um programa de investigações geotécnicas no local da barragem de Inhuçu para apoiar o estudo de viabilidade. As investigações incluíram mapeamento geológico da superfície, investigações da subsuperfície através de dois furos de sondagens e cinco poços escavados á pá e picareta, na área da fundação da barragem, local do possível vertedouro, e nas áreas de empréstimos do eixo Inhuçu No.2. As investigações também incluíram caracterização no laboratório de amostras coletados nas sondagens e poços.

##### **4.3.4.1 Investigações no local da barragem**

As sondagens foram do tipo mista (percussão/rotativa) com recuperação de amostras de solo e testemunhos de rocha, e com ensaios de penetração (SPT) a cada metro e perda d'água cada 3m na rocha. O local destas investigações e seções mostrando os resultados estão expostos na prancha IN-06 do Volume 2 - Anteprojeto das Obras. Os resultados detalhados em forma de boletins de sondagem e poços, fotografias etc., estão incluídos no Volume 4 - Estudos Geotécnicos. As características e resultados das investigações do subsuperfície estão resumidos no quadro 4.6 seguinte:



**Quadro 4.6 – Resumo das Sondagens Mecânicas**

Nº	Local (estaca)	Cota da Boca	Profundidade até rocha decomposta (m)	Profundidade até rocha sã (m)	Total sondado (m)
SM-1	9	541,59	1,20	1,65	10,20
SM-2	32	541,92	-	0,56	9,70

Na sondagem SM- 01 os dois primeiros ensaios de perda d'água, entre as profundidades 2,15 e 8,15 m, tiveram perda total não atingindo a pressão desejada. No trecho 8,15- 10,20 m o coeficiente de permeabilidade da rocha ficou próximo de  $4,4E-5$  cm/s. Nos três ensaios realizados na sondagem SM-02, entre 0,70 e 9,70 m, a perda d'água também foi total.

#### **4.3.4.2. Investigações nas fontes de materiais de construção**

Para área de empréstimo visando a construção do maciço terroso foram estudadas duas ocorrências, uma situada no terraço aluvionar do rio na proximidade do eixo e constituída de solo areno siltoso, com uma espessura próxima de 1,0 m, e outra a jusante do eixo, a uma distancia de cerca de 1,6 km, constituída de areia silto argilosa com pedregulho, de cor amarelada, numa espessura média de 1,30 m. Ambas as ocorrências tem grande capacidade volumétrica, podendo suprir as demandas previstas para o maciço.

No quadro 4.7 apresenta-se o resumo dos resultados dos ensaios realizados no empréstimo E-01.

**Quadro 4.7 - Resumo Dos Ensaio Do Empréstimo**

FURO	01	02	03	04	05	
<b>LOCAL</b>	Empréstimo E-1					
<b>PROF.</b> ( m ):	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
	2,00	1,50	1,30	1,20	1,30	
<b>AMOSTRA</b>	1	1	1	1	1	
<b>%PASSA</b>	<b>1"</b>	100	100	100	100	100
	<b>3/4"</b>	100	100	95	100	100
	<b>3/8"</b>	90	100	66	100	100
	<b>No. 4</b>	76	95	53	96	96
	<b>No. 10</b>	69	77	48	83	83
	<b>No. 40</b>	65	52	46	58	58
	<b>No. 200</b>	18	31	11	32	34
<b>LL</b>	NL	31	NL	31	33	
<b>LP</b>	NP	22	NP	22	23	
<b>IP</b>		9	0	9	10	
<b>IG</b>	0	0	0	0	0	
<b>U.S.C.</b>	SM	SM	SM	SM	SC	
<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.890	1.830	1.895	1.855	1.800	
<b>h ótima (%)</b>	9.6	13.0	9.4	12.2	13.5	

Ao longo da calha do rio Inhuçu ocorrem pequenos depósitos de areia média com boas características para emprego no sistema de drenagem interno do maciço, porém faz-se necessária a exploração de uma grande extensão do rio para obtenção dos volumes previstos.

Para a proteção do talude de montante indicou-se o uso de blocos de arenito são, provenientes das escavações obrigatórias do sangradouro e eventualmente complementadas com extração em pedra estudada. Esse tipo de proteção tem se mostrado eficiente no açude Jaburu, situado também na serra de Ibiapaba. Abaixo dos blocos, funcionando como uma transição, previu-se o uso do material do tipo randon obtido e selecionado das escavações obrigatórias na rocha do canal do sangradouro.

Como proteção do talude de jusante idealizou-se uma camada do tipo brita corrida, com rocha arenítica proveniente da pedra indicada.

Para os concretos estruturais necessários, como no sistema da tomada d'água, os agregados deverão ser obtidos de rochas graníticas competentes que ocorrem próximas da serra do Carnutim e da cidade de Frecheirinha, a cerca de 160 km do local da obra.

#### 4.3.5. Estudos Topográficos

A partir de uma restituição aerofotogramétrica na escala 1: 20.000, com curvas de nível a cada 10 m, escolheu-se a melhor localização do eixo da barragem além, da área para levantamento de campo para locação do elemento de sangria. Com essas diretrizes preliminares foi enviada uma equipe topográfica ao campo para locação de eixo do barramento, nivelamento a cada 20 m e nos pontos notáveis e nivelamento de toda a região de sangria com lançamento de um eixo pelos pontos baixos da sela. Para a realização dos levantamentos descritos transportou-se a cota da soleira da igreja de Croatá, que foi usada como apoio para os trabalhos de restituição aerofotogramétrica.

A seguir, no quadro 4.8, são apresentadas as cotas para cada estaca do eixo materializado para o barramento.

**Quadro 4.8 - Altimetria do Eixo do Açude Inhuçu**

ESTACA	COTA	ESTACA	COTA	ESTACA	COTA
0	601,597	15	538,470	26+4	538,947
1	583,905	16	538,674	26+10	536,947
2	572,168	16+5,50	538,712	27+2,20	538,918
3	562,497	16+10	537,712	28	538,556
4	554,261	16+15,70	538,710	29	538,627
5	548,125	17	538,642	30	539,001
6	545,092	18	538,499	31	539,916
7	543,530	19	538,405	32	541,918
8	542,296	20	538,323	33	545,044
9	541,590	21	538,392	34	552,054
10	540,766	22	538,740	35	559,215
11	540,174	23	539,056	36	564,535
12	539,544	24	538,896	37	573,313
13	539,298	25	538,384	39	591,477
14	538,772	26	538,821	40	599,007

Com base nas curvas de nível da restituição aerofotogramétrica determinou-se as áreas e respectivos volumes de acumulação, que são apresentados na curva cota x área x volume da prancha IN- 01

#### 4.3.6. Estudos Hidrológicos

Os estudos hidrológicos do açude Inhuçú buscaram a estimativa da cheia afluyente ao açude para o dimensionamento do sangradouro. Considerou-se que a cheia de 1000 anos de período de recorrência (TR) seria a mais indicada para a segurança admissível.

Como há ausência de dados fluviográficos na região, optou-se por utilizar modelos sintéticos chuva x vazão, transpondo-se para a chuva o período de recorrência de 1000 anos.

O modelo escolhido, pela larga utilização e bons resultados que têm sido obtidos na hidrologia no semi-árido, foi o modelo do SCS (Soil Conservation Service dos EUA). Para laminação das cheias nos reservatórios utilizou-se o método de Puls.

O programa computacional utilizado para o cálculo das cheias foi o HEC-1 (Hydrologic Engineering Center – US Army Corps of Engineers).

A seguir serão descritos os resultados passo a passo.

##### – Dados Físicos da Bacia do Açude

Os principais dados físicos da bacia são:

Área: 908 km<sup>2</sup>

Cota do Leito do Rio no Barramento (Cl): 540 m

Cota Máxima no ponto mais à montante da bacia(Cm): 980 m

Comprimento do talvegue principal: 68 km

Tempo de Concentração(Tc) : 12 h

$$T_c (h) = 0,39 \times (L^2 / S)^{0,385}$$

Sendo  $S = C_m - C_l$

## – Chuvas Intensas na Bacia do Açude

Para elaborar o estudo de chuvas intensas do açude Inhuçú utilizou-se o posto mais próximo da bacia do açude e que possuísse o maior período de dados.

A estação mais próxima que se enquadra nesse critério é o posto de São Benedito, cujo código da SUDENE é 2788127. O mapa da Figura 4.5 mostra essa estação.

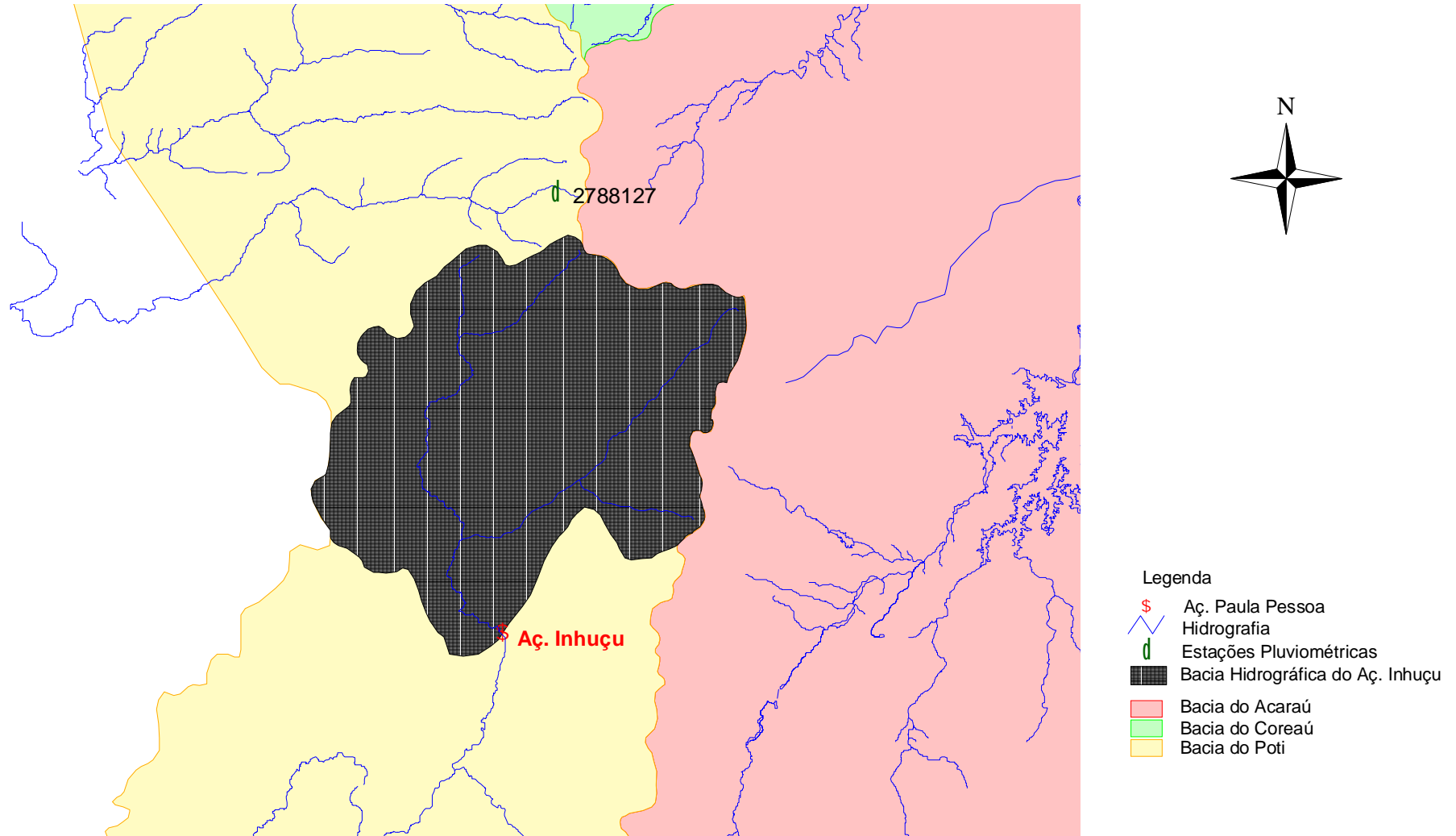
Extraíu-se dos dados diários da estação os valores máximos anuais de 1 dia, 2 dias e 3 dias de chuva. Esses valores encontram-se no Quadro 4.9 a seguir.

Esses dados foram submetidos a uma análise estatística, aplicando-se diversas distribuições e verificando-se a que melhor se adaptou aos dados observados. Desse ajuste obteve-se a chuva de 1 dia de duração e 1000 anos de TR. Pode-se observar os resultados do ajuste a seguir, no Quadro 4.10.

Como o tempo de concentração da bacia do açude é menor que 24 horas, foi determinada a relação intensidade x duração x frequência para as primeiras 24 horas de chuva. O processo de determinação é descrito a seguir, baseado na metodologia do Prof. Taborga Torrico (Práticas Hidrológicas).

- Para a transformação da chuva de 1 dia em chuva de 24 horas ( $P_{24h}$ ), multiplica-se a chuva de 1 dia por 1,10 .
- A chuva de 1h de duração é determinada a partir da relação entre  $P_{24h}$  e  $P_{1h}$ . Essa relação é dada pela metodologia em função do tempo de concentração e da Isozona a que pertence a estação fluviométrica. Na Figura 4.2 pode-se observar o mapa de Isozonas. A Isozona do posto em questão é a E.
- Da mesma forma e usando o mesmo mapa e tabela das Isozonas determina-se a relação entre a chuva de 24h de duração e a chuva de 6 minutos de duração.

Figura 4.5: Açude Inhuçu com a localização da Estação Pluviométrica Utilizada





MONTGOMERY WATSON



Quadro 4.9

POSTO :2788127

MAXIMAS PRECIPITACOES ANUAIS

ANO	1 DIA	2 DIAS	3 DIAS
1912	143.20	143.20	199.00
1913	102.60	170.20	173.70
1914	69.30	79.30	106.50
1915	68.10	116.60	142.90
1916	101.30	151.10	151.10
1917	106.50	152.60	186.30
1918	66.00	125.30	128.30
1919	80.70	85.70	146.10
1920	153.80	161.30	182.50
1921	104.40	129.30	177.30
1922	100.40	110.70	136.40
1923	77.60	92.20	105.40
1924	95.90	139.20	175.90
1925	94.70	110.80	153.10
1926	104.00	150.10	155.40
1927	97.00	124.60	144.70
1928	104.10	145.00	145.00
1929	77.20	118.00	137.50
1930	76.90	85.90	101.00
1931	65.20	101.10	122.80
1932	116.50	153.00	176.10
1933	95.10	117.60	153.50
1934	85.30	120.30	177.20
1935	81.00	108.00	140.60
1936	87.00	141.60	170.80
1937	82.50	137.00	174.40
1938	59.00	83.20	95.40
1939	77.00	99.30	145.30
1940	100.00	136.00	174.00
1941	146.00	161.00	178.00
1942	89.00	108.00	122.00
1943	66.00	110.00	119.00
1944	83.00	139.30	143.30
1945	-	-	-
1946	95.00	144.00	151.00
1947	110.00	139.00	149.00
1948	100.00	122.00	132.00
1949	90.00	130.00	139.00
1950	99.00	139.00	170.00
1951	104.00	160.00	194.00
1952	99.00	159.00	171.00
1953	75.30	110.00	127.00
1954	110.00	190.00	209.00
1955	100.00	171.00	188.00
1956	100.00	171.00	181.00
1957	150.00	203.00	295.00
1958	100.00	150.00	164.00
1959	93.00	129.00	137.00
1960	99.00	121.00	178.00
1961	267.00	337.00	380.00
1962	152.00	250.00	321.00
1963	101.00	175.10	247.10
1964	-	-	-
1965	96.50	172.90	183.30
1966	77.00	114.00	152.00
1967	135.00	155.00	193.00
1968	70.00	92.00	152.00
1969	95.50	95.50	156.00
1970	90.30	152.50	194.50



Quadro 4.10 - Estudo Estatístico de Chuvas Máximas do Posto 2788127

SAMPLE SIZE = 57

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 99.38 STD. DEV. = 31.42 COEF. OF SKEW = 2.9975

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.56273 STD. DEV. = .25693 COEF. OF SKEW. = 1.2032

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.98157 STD. DEV. = .11158 COEF. OF SKEW. = 1.2031

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL ( mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	TYPE I EXTREMAL ( mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL ( mm)	PEARSON TYPE III ( mm)	LOG PEARSON TYPE III ( mm)
2.00	99.38	95.84	90.71	94.43	92.04	87.28	91.22
2.33	105.02	100.36	94.78	100.12	96.42	90.85	95.32
5.00	126.03	119.18	115.54	124.84	118.03	112.35	115.77
10.00	140.13	133.74	136.20	144.98	139.16	135.73	135.76
20.00	151.93	147.30	159.40	164.29	162.97	162.04	158.15
50.00	165.44	164.51	194.87	189.29	199.94	200.85	192.79
100.00	174.62	177.33	225.98	208.02	233.04	233.09	223.85
200.00	183.15	190.15	261.38	226.69	271.48	267.75	260.15
500.00	193.70	207.28	315.77	251.31	332.04	317.26	318.21
1000.00	201.24	220.47	363.51	269.92	386.63	357.53	371.62





Quadro 4.10 - Estudo Estatístico de Chuvas Máximas do Posto 2788127 (cont.)

		FREQUENCY DISTRIBUTION						
CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL ( mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	TYPE I EXTREMAL ( mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL ( mm)	PEARSON TYPE III ( mm)	LOG PEARSON TYPE III ( mm)
0	.00000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.14286	65.85	72.85	74.81	66.73	73.38	79.19	76.44
2	.28571	81.60	82.87	80.80	78.55	80.83	81.58	83.37
3	.42857	93.73	91.51	87.11	89.04	88.07	85.96	90.52
4	.57143	105.04	100.38	94.80	100.17	96.46	93.18	99.05
5	.71429	117.16	110.85	105.56	113.82	107.86	105.26	110.76
6	.85714	132.92	126.09	124.82	134.77	128.01	128.98	131.26
7	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		45.053	15.825	28.596	21.719	19.509	41.368	16.316

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =12.596

RETURN PERIOD (YRS)	LOG PEARSON TYPE III WITH WEIGHTED REGIONAL SKEW ( mm)
2.00	92.31
2.33	96.58
5.00	116.93
10.00	135.77
20.00	156.01
50.00	185.93
100.00	211.65
200.00	240.64
500.00	285.06
1000.00	324.22

- No papel logaritmo plota-se os três valores (P24h, P1h e P6min) e une-se os mesmos formando o gráfico da Figura 4.6.

Para outras durações de chuva pode-se retirar do gráfico o valor da precipitação.

No modelo HEC-1 entra-se com as chuvas na seguinte seqüência: 5 min, 15 min, 1h, 2h, 3h, 6h, 12h e 24h.

#### – **Determinação do CN – Curve Number**

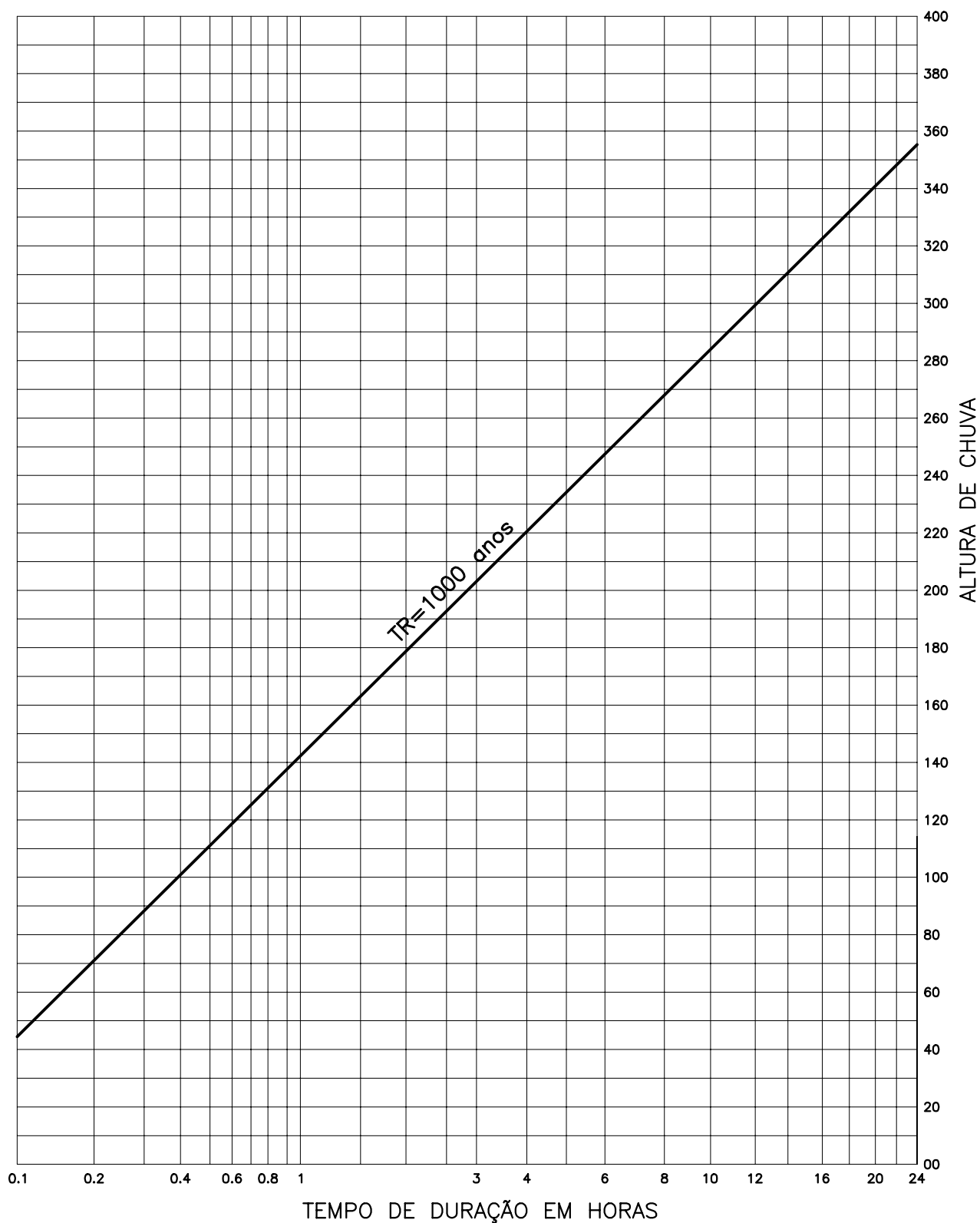
O valor de CN tem que representar as condições de uso do solo e de tipo do solo da bacia hidrográfica estudada. Para estimativa do valor de CN utilizou-se o Mapa de Uso do Solo elaborado na fase de Diagnóstico pelo Consórcio a partir das imagens do satélite Landsat, além do mapa de tipo de solo do Plano Estadual dos Recursos Hídricos (SRH-1991) que classificou os solos segundo o SCS em solos do tipo A,B,C e D.

A metodologia para estimativa do CN constou do cruzamento, no SIG ArcView, dos mapas de tipo de solo e uso do solo, produzindo-se um mapa de CN para a bacia. Ponderando-se os valores de CN com as áreas em que ocorrem obteve-se o CN médio para a bacia hidrográfica. Para a bacia do Inhuçú CN = 66

#### – **Cheia de Projeto e Vazão de Saída do Vertedouro**

A cheia de projeto para o período de retorno de 1000 anos foi estimada para o açude Inhuçú utilizando-se o programa HEC-1, para uma chuva de 24 h de duração. Dois tipos de vertedouro foram analisados: canal escavado em rocha e do tipo creager.

A vazão máxima afluyente ao Inhuçú para TR=1000 anos é de 4082 m<sup>3</sup>/s



## BACIA DO AÇUDE INHUÇU

FIGURA 4.6 – CURVAS PRECIPITAÇÃO–DURAÇÃO–FREQUÊNCIA  
MÉTODO DAS ISOZONAS

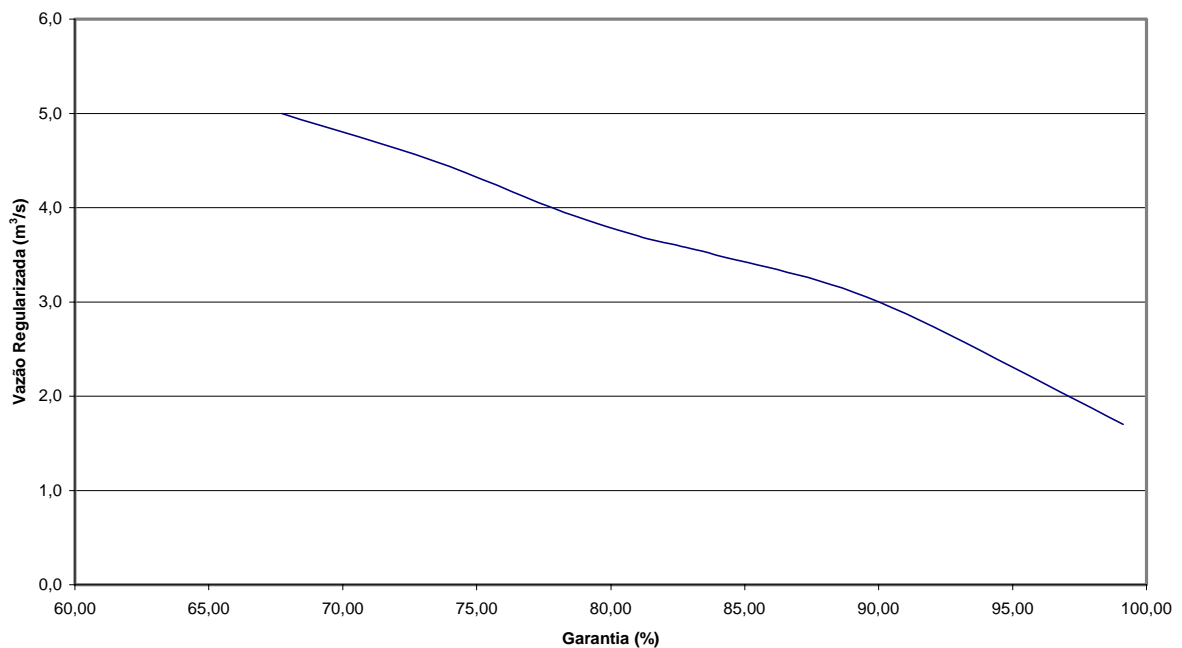
Os resultados são apresentados nos quadros a seguir.

<b>Vertedouro tipo Creager</b>		
Largura do Sangradouro (m)	Vazão Efluente Máxima (m <sup>3</sup> /s)	Lâmina Máxima de Sangria (m)
100	1984	4,61
150	2373	3,96
180	2551,00	3,68
200	2649,00	3,52
<b>Vertedouro tipo Canal escavado em Rocha</b>		
Largura do Sangradouro (m)	Vazão laminada (m <sup>3</sup> /s)	Lâmina sangria (m)
100	1683,00	5,12
150	2063,00	4,47
180	2233,00	4,18
200	2339,00	4,01

#### – Curva de Regularização do Açude Inhuçu

Em complementação aos estudos hidrológicos, apresenta-se a seguir a curva de regularização para o açude Inhuçu.

Curva de Regularização do Açude Inhuçu



#### **4.3.7. Arranjo Geral das Obras**

Após a verificação da impossibilidade de se preservar o distrito de Barra de Sotero, para grandeza da acumulação necessária para o reservatório, buscou-se atender as seguintes premissas básicas: 1) obter um reservatório na ordem de 300 a 400 milhões de acumulação 2) realizar a sangria pela sela topográfica do lado direito da bacia, com descarga em um afluente do rio Inhuçu que passa a jusante da localidade da Volta do Rio, com um volume de escavação apenas o suficiente para aproveitamento no maciço da barragem.

Uma galeria de tomada d'água foi localizada na parte baixa da ombreira esquerda, num nível tal que promova uma reserva sanitária para o açude, porque nesse local as condições topográficas são mais favoráveis para a construção de canais de aproximação e restituição. As condições de fundação da galeria são boas com a rocha arenítica pouco intemperizada a pequena profundidade.

Portanto, o arranjo geral das obras ficou definido por um maciço de terra ao longo de um eixo reto , um sangradouro situado na sela topográfica da ombreira direita e tomada d'água no sopé da ombreira esquerda.

#### **4.3.8. Maciço**

##### **4.3.8.1. Alternativas de seção tipo**

Foi descartada de antemão a alternativa de uma seção em CCR, tendo em vista a baixa capacidade de resistência ao desgaste apresentado pela rocha arenítica que embasa todo o maciço da serra de Ibiapaba, embora possua condições favoráveis para funcionar como fundação de uma barragem, quer de terra quer de CCR.

Considerando as características do substrato rochoso da fundação, a espessura e componentes do pacote aluvionar, os condicionamentos topográficos do eixo do barramento e ombreiras e as características geotécnicas e disponibilidade dos materiais de empréstimos, pedreiras e areal, foram eleitas quatro alternativas para a seção tipo do maciço da barragem.

A seção tipo I ( 1ª alternativa), prancha IN- 10 do Volume 2 – Anteprojeto das Obras, consistiu numa seção de terra homogênea em solo SM, dreno vertical de areia ligado a um tapete drenante de areia, dreno de pé tipo aterro de enrocamento, proteção do talude de jusante em arenito britado e/ou matacões de rocha arenítica e proteção de montante com solo cimento. Considerou-se essa proteção sendo executada concomitantemente com o maciço, em camadas

com 2,0 m de largura e 0,30 m de espessura, sendo o material obtido através de mistura em usina na proporção de 93% de areia siltosa aluvionar e 7% de cimento. A compactação desse material pode ser realizada através de rolo liso com aba toroidal ou rolo de pneus com roda lateral inclinada, de forma a se obter uma compactação eficiente do talude das camadas.

A borda livre sobre o nível máximo do reservatório foi calculada considerando o talude de montante dotado de um solo cimento de grãos arredondados, obtendo-se para o coroamento a cota de 588,60 m.

Para o talude de montante foram adotadas inclinações de 2,0(H):1(V) entre o coroamento e a cota 582,00m, 2,5(H): 1(V) para o intervalo de cotas 582,00- 562,00 e 3,0(H): 1(V) abaixo da cota 562,00 m. No talude de jusante adotou-se taludes de 2(H): 1(V), entre o coroamento e a cota 565,10, 2,5(H): 1(V) abaixo da cota 565,10 e 1(V):1,5(H) no dreno de pé( abaixo da cota 541,00). Ao longo do talude de jusante foram indicadas bermas de drenagem nas cotas 576,80; 565,10 e 553,30

Em toda a extensão do maciço foi projetada uma trincheira de vedação com 9 metros de largura na base, do tipo "cut- off", até atingir o substrato rochoso, portanto com profundidade máxima no trecho do rio, onde a camada aluvionar tem uma espessura próxima de 2,0 m.

Como uma segunda alternativa, seção II da prancha IN- 11 do Volume 2 – Anteprojeto das Obras, idealizou-se um maciço de terra homogêneo assemelhado a alternativa anterior porém, com proteção do talude de montante através de um rip-rap composto de uma espessura de 1,0 m de blocos de arenito são, sobrepostos a uma camada de 2,0 m de arenito muito fraturado, decomposto (tipo randon). Esse material de randon deve ser selecionado para funcionar como transição entre o solo do maciço e os blocos de arenito. Todos os taludes tem inclinações iguais a seção tipo I, assim como as bermas de drenagem e dreno de pé. A seção II, pela maior capacidade de dissipação de energia do elemento de proteção do talude de montante, tem uma borda livre menor e por conseguinte um coroamento em cota mais baixa, calculada em 587,30 m .

A terceira alternativa, seção III da prancha IN- 12 do Volume 2 – Anteprojeto das Obras, em terra zoneada, se assemelha completamente à seção I no que diz respeito ao talude de montante e porção à montante do filtro chaminé, no entanto, a jusante desse filtro o maciço foi idealizado como sendo executado com solo aluvionar areno siltoso da parte baixa do vale. No talude de jusante as bermas de drenagem foram conservadas nos mesmos níveis da seção I, porém os taludes foram suavizados para 2,5(H): 1,0(V) entre o coroamento e a cota 565,10

m e para 3,0H): 1,0(V) abaixo da cota 565,10 m . O sistema de drenagem interno e de vedação da fundação aluvionar permaneceram semelhantes a da seção I.

A seção tipo IV da prancha IN- 13 do Volume 2 – Anteprojeto das Obras , em terra zoneada com proteção de montante em rip- rap, tem a região a montante do filtro vertical exatamente igual a segunda alternativa (seção II) porém, com o maciço a jusante desse filtro igual a seção tipo III.

Resumidamente pode-se dizer que as alternativas consistiram num maciço homogêneo e outro zoneado, cada um com proteção de montante em solo cimento ou rip- rap.

Para todas as alternativas foi concebida uma cortina de injeções de impermeabilização, no eixo da trincheira de vedação, com 3 linhas de injeção, com o objetivo de diminuir as características de transmissibilidade hidráulica da fundação rochosa.

Para essas quatro alternativas foram quantificados todos os serviços necessários e o custo total para a construção das obras. A alternativa de menor custo foi selecionada para ser desenvolvida.

#### **4.3.8.2. Seção escolhida**

A alternativa chamada de seção tipo IV, com maciço em terra zoneada e proteção de montante do tipo rip rap em rochas areníticas, mostrou-se com menor custo de implantação, conforme planilhas apresentadas no item 4.3.12, e portanto foi escolhida para o desenvolvimento do anteprojeto.

Desta forma o maciço da barragem será de terra zoneada, com largura da crista de 9,0 m e cota 587,30. A inclinação do talude de montante variará de 2,0 : 1,0 até 3,0 : 1,0(H:V) e o de jusante de 2,5 : 1,0 até 3,0 : 1,0 (H:V).

O talude de jusante terão bermas de drenagem, com 2,0 m de largura, nas cotas 576,80 ; 565,10 ; 553,30 e 541,0 , sendo que abaixo dessa última será formado o rock- fill.

Ao longo de todo o maciço será escavada uma trincheira de vedação, com 9,0 m de base sobre a rocha de fundação, com taludes de 1,0 : 1,0. As características do maciço podem ser observadas no Volume 2 – Anteprojeto das Obras, na prancha IN- 13.

No eixo da trincheira será executada uma cortina de impermeabilização, composta de 3 linhas de injeções, com profundidade de  $2/3h$ , onde  $h$  é a coluna d'água no ponto a ser injetado. Os detalhes executivos dessa cortina são apresentados na prancha IN- 08.

A drenagem do maciço será feita por um filtro do tipo chaminé com largura de 1,0 m e topo na cota 586,01 m, e por um filtro horizontal com espessura de 1,0 m, que a partir do filtro chaminé cobre toda a extensão de jusante até o rock- fill.

O rock- fill tem uma seção trapezoidal com 2,0 m de largura na cota 541,00 m e inclinação do talude de montante de 1,0 : 1,0 e de jusante de 1,5 : 1,0 (H:V).

A proteção do maciço contra a ação das ondas do lago será feita por um rip- rap de 1,0 m de espessura sobreposto a uma transição com 2,0 m de randon. Para proteção do talude de jusante contra chuvas e erosões será executada uma camada de brita corrida com 0,40 m de espessura.

#### **4.3.9. Sangradouro**

##### **4.3.9.1. Alternativas de localização e tipo**

Pelo relevo topográfico do vale do rio, em formato de U, verificou-se a impossibilidade de se projetar um elemento de sangria conectado ao maciço do barramento, em qualquer das ombreiras. O passo seguinte foi o estudo de sangria ao longo da bacia. Nesse estudo identificou-se no lado oeste da ombreira direita a existência de uma sela topográfica, com blocos de rocha arenítica aflorantes, cuja vertente jusante liga-se a um afluente pela margem direita do rio Inhuçu. Essa sela encontra-se num nível próximo da cota 587,00 o que viabiliza a localização de um canal de sangria com um nível razoável de escavação.

Quanto ao tipo de estrutura a ser adotado para o elemento de sangria foi analisada a viabilidade técnica e econômica de implantação de um canal em soleira espessa e de um perfil do tipo Creager. Pela situação altimétrica do perfil do substrato rochoso competente e a possibilidade de usar o material escavado como proteção dos taludes e transição do rip- rap, tornou-se mais viável a adoção de um canal escavado em rocha sem proteção ou contenções.

A possibilidade de adoção de um muro tipo labirinto para sangradouro foi descartada diante da ausência, em toda a região serrana, de agregados pétreos de características próprias para uso em concreto estrutural .



#### 4.3.9.2. Sangradouro Escolhido

O sangradouro em canal com soleira espessa, dimensionado para uma vazão milenar afluyente de 4.082 m<sup>3</sup>/s, tem uma largura de 200 m com uma extensão de cerca de 660 m, com uma lamina máxima de 4,01 m e cota de sangria na 582,00 m. Os detalhes do sangradouro são apresentados na prancha IN- 09 do Volume 2 – Anteprojeto das Obras

A vazão máxima efluente desse canal foi calculada em 2.339 m<sup>3</sup>/s.

O volume de escavação quantificado para a construção desse canal são resumidos no quadro 4.11, mostrado a seguir

**Quadro 4.11 – Escavação do Sangradouro**

TIPO DE MATERIAL ESCAVADO	UN	QUANTIDADE
Material de 1ª categoria (Solo)	M <sup>3</sup>	41.214
Material de 2ª categoria (Rocha alterada)	M <sup>3</sup>	68.690
Material de 3ª categoria (Rocha sã)	M <sup>3</sup>	266.158

#### 4.3.10. Tomada D'água

A tomada d'água foi projetada na estaca 4+15,0, situada na ombreira esquerda, onde as condições topográficas são mais favoráveis. Considerou-se no seu dimensionamento a obrigatoriedade de conferir ao rio um fluxo regular, por todo o ano, igual a vazão regularizável do reservatório, calculada para uma garantia de 95% em 2,3 m<sup>3</sup>/s, para suprimento do açude Lontras, situado imediatamente a jusante para, a partir deste, suprir o canal de integração projetado no sopé da serra da Ibiapaba.

A tomada d'água foi definida como uma galeria do tipo conduto forçado, com uma linha de diâmetro de 800 mm e uma extensão de 240 m.

A montante da galeria foi projetado um canal de aproximação escavado na cota 548,00 m e uma caixa de entrada com grade de proteção do conduto. A jusante previu-se uma bacia de dissipação com cerca de 12,0 m, onde se encontram um registro de gaveta, uma válvula borboleta e um vertedor, seguida de um canal de fuga.

A estrutura da tomada d'água é apresentada na prancha IN-14 do Volume 1 – Anteprojeto das Obras

#### **4.3.11. Características Técnicas da Alternativa Escolhida**

As principais características técnicas das obras do açude Inhuçu podem ser assim resumidas:

##### **a) Localização:**

- Rio barrado: Rio Inhuçu
- Município: Croatá
- Estado: Ceará

##### **b) Características gerais:**

- Área de drenagem: 908,22 Km<sup>2</sup>
- Área do reservatório (cota = 582,0 m): 1.723 ha
- Volume morto do reservatório (cota = 553,03 m): 23,85 hm<sup>3</sup>
- Volume máximo do reservatório (cota = 582,0 m): 320,9 hm<sup>3</sup>
- N. A. máximo normal = 582,00 m
- N. A. máximo maximorum = 586,01 m
- N. A. mínimo operacional = 553,03 m

##### **c) Barragem Principal**

- Tipo = Terra zoneada
- Cota do Coroamento = 587,30 m
- Altura máxima = 50,30 m
- Comprimento da crista = 755,72 m

- Largura da crista = 9,00 m
- Volume de solo do maciço = 3.514.701,75 m<sup>3</sup>
- Volume de enrocamento = 6.447,09 m<sup>3</sup>
- Volume de rip- rap = 97.802,09 m<sup>3</sup>
- Volume de Randon = 180.538,29 m<sup>3</sup>
- Volume de areia para filtro = 117.695,94 m<sup>3</sup>

#### **d) Sangradouro**

- Tipo = Canal escavado em rocha
- Cota da soleira = 582,00 m
- Largura = 200,00 m
- Vazão efluente = 2.339,00 m<sup>3</sup>/s
- Lâmina d'água máxima = 4,01 m

#### **e) Tomada d'água**

- Tipo = Conduto forçado
- Número de conduto = 1
- Diâmetro do conduto = 800 mm
- Comprimento do conduto = 240,0 m
- Vazão regularizada (95%) = 2,30 m<sup>3</sup>/s

#### **4.3.12. Quantitativos e Custos**

Nas páginas seguintes são apresentadas as planilhas de quantitativos e custos para as quatro alternativas de seção tipo estudadas. Os preços unitários foram obtidos na tabela da SRH

(05/99), na tabela do DNOCS (08/99) e, para serviços não constantes destas, nas obras em andamento na SRH.

Sem considerar os custos das desapropriações, divulgação e mobilização- desmobilização obteve-se os seguintes preços totais para as alternativas estudadas

<b>RESUMO DOS CUSTOS DAS ALTERNATIVAS ESTUDADAS</b>				
<b>ALTERNATIVA</b>	<b>SEÇÃO TIPO</b>	<b>CUSTO DAS OBRAS</b>	<b>CUSTO DE PROJETO, SUPERVISÃO E EVENTUAIS</b>	<b>CUSTO TOTAL</b>
Terra homogênea com proteção em solo cimento	I	45.193.220,42	2.172.683,42	<b>47.365.903,84</b>
Terra homogênea com proteção em rip- rap	II	42.185.451,91	2.172.683,42	<b>44.358.135,33</b>
Terra zoneada com proteção em solo cimento	II	42.145.770,97	2.172.683,42	<b>44.318.454,39</b>
Terra zoneada com proteção em rip- rap	IV	39.324.276,58	2.172.683,42	<b>41.496.960,00</b>



MONTGOMERY WATSON



EIXO: INHUÇU

SEÇÃO TIPO: TERRA HOMOGÊNEA COM SOLO-CIMENTO

ORÇAMENTO						
Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>1. TRABALHOS PREPARATÓRIOS:</b>						
1.1	Caminhos de Serviços com plataforma de 6,0m	km	DNOCS 1:01:511:2	6,00	1.436,59	8.619,54
1.2	Estrada de Acesso, faixa de domínio de 10,0m, greide colado, pista de rolamento de 6,0m e 0,15m de espessura, revestida em piçarra compactada, com valetas de drenagem, incluindo obras de arte e os aterros a estas associadas	km	DNOCS 1:01:530:2	2,50	14.459,13	36.147,83
1.3	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	m <sup>2</sup>	SRH - 01.01.01	3.584.681,56	0,07	250.927,71
1.4	Expurgo nas áreas de implant.da barragem e jazidas, c/bota-fora de até 0,30km, medido no corte	m <sup>3</sup>	SRH- 90.02.05	542.102,59	1,97	1.067.942,10
	<b>TOTAL DO ITEM 1</b>					<b>1.363.637,18</b>
<b>2. BARRAGEM</b>						
<b>2.1 Fundação:</b>						
2.1.1	Escav., carga, transp. e descarga com bota-fora até 0,30km, em material de 1ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	14.730,32	2,28	33.585,13
2.1.2	Escav., carga, transp.e descarga com bota-fora até 0,30km em material de 2ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.52	1.582,27	2,76	4.367,07
2.1.3	Escav., carga, transp.e descarga com bota fora até 0,30 km em material de 3ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.04.04	191,23	16,75	3.203,10
2.1.4	Escav.,carga, transp.e descarga de material de 1ª categ.da fundação c/ rebaixamento do lençol freático e bota-fora de 0,30 km	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:540:2	1.296,73	43,22	56.044,67
2.1.5	Escavação carga, transporte e descarga de material de 2ª categoria da fundação c/ rebaixamento do lençol freático e bota-fora de 0,30 km	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:560:2	432,24	48,66	21.032,80
2.1.6	Perfur. para injeção de cimento, com equipamento rotopercussivo diâm. de 2 1/2"	m	SRH - 20.15.01	22.683,20	59,00	1.338.308,80
2.1.7	Perfuração com equipamento rotativo diâmetro NX, inclusive ensaios.	m	DNOCS 1:08:812:2	5.670,79	183,66	1.041.497,29
2.1.8	Fornecimento de cimento e aplic.de injeção para imperm. da rocha da fundação	kg	SRH - 20.15.08	1.417.699,56	0,80	1.134.159,65
<b>2.2 Maciço</b>						
2.2.1	Escav., carga, transp.e descarga de material de 1ª categoria das jazidas até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	4.264.763,81	2,28	9.723.661,49
2.2.2	Execução de proteção em solo-cimento, inclusive fornecimento de cimento, extração de solo, carga, descarga e transportes	m <sup>3</sup>	Obras em execução	66.585,28	40,20	2.676.728,26
2.2.3	Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e adensamento de areia para filtros	m <sup>3</sup>	SRH -20.20.10	104.734,06	12,44	1.302.891,71
2.2.4	Transporte complementar do material de 1ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:090:2	11.514.862,29	1,08	12.436.051,27
2.2.5	Espalh. umedecimento e compact. do material argiloso na barragem e fundação	m <sup>3</sup>	SRH -20.40.02	3.553.969,84	1,17	4.158.144,71
2.2.6	Fornec.,inclusive extração,carga,britagem,transp.até 0,30km,descarga.e exec.da transição	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:281:2	1.902,35	34,40	65.440,84
2.2.7	Fornecimento, inclusive, extração, carga, britagem, transporte até 0,30km, descarga, espalhamento e compactação do enrocamento (Rock - Fill)	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:281:2	6.447,09	13,73	88.518,55
2.2.8	Fornecimento do revestimento para o talude de jusante, pedrisco ou cascalho, inclusive extração, carga, transporte, descarga espalhamento e compactação	m <sup>3</sup>	1:01:209/210/90/2	31.685,50	10,32	326.994,36
2.2.9	Regularização manual e compactação dos taludes	m <sup>2</sup>	DNOCS 1:01:281:2	172.253,08	2,73	470.250,91
2.2.10	Transporte complementar do material de 3ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	SRH -20.50.02	168.146,75	1,29	216.909,31
<b>2.3 Drenagem</b>						
2.3.1	Concr.armado inclusive formas e ferro c/consumo de 300kg de cim. m <sup>3</sup> p/calha coletora e descida d'água	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:07:070:3	184,20	516,08	95.061,94
2.3.2	Fornec.e assent.de meio-fio, concr.simples consumo de 300 kg/m <sup>3</sup> para o coroamento da barragem	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:07:040:3	68,19	496,84	33.879,52
2.3.3	Alvenaria de pedra no traço 1:3 de cimento e areia para canaletas das ombreiras	m <sup>3</sup>	DERT-CE 10.012.01	42,41	106,87	4.532,36
	<b>TOTAL DO ITEM 2</b>					<b>35.231.263,71</b>
<b>3. SANGRADOURO:</b>						
<b>3.1 Escavação:</b>						
3.1.1	Escav.,carga,transp. e descarga de material de 1ªcategoria c/transporte até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	41.213,75	2,28	93.967,35
3.1.2	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 2ª categoria c/bota-fora até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.52	68.689,58	2,76	189.583,24
3.1.3	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 3ª categoria c/ bota-fora até 0,30 km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.04.04	371.889,56	16,75	6.229.150,13
	<b>TOTAL DO ITEM 3</b>					<b>6.512.700,72</b>



MONTGOMERY WATSON



EIXO: INHUÇU

SEÇÃO TIPO: TERRA HOMOGÊNEA COM SOLO-CIMENTO

ORÇAMENTO						
Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>4. TOMADA D'ÁGUA</b>						
<b>4.1 Escavação:</b>						
4.1.1	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 1ªcategoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.07.02	563,13	2,28	1.283,94
4.1.2	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 2ªcategoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.07.52	629,00	2,76	1.736,04
4.1.3	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 3ªcategoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.04.04	941,38	16,75	15.768,12
4.1.4	Reaterro lateral com compactação manual	m³	SRH - 15.18.02	544,04	8,74	4.754,91
<b>4.2 Canal de acesso</b>						
4.2.1	Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação do material do enrocamento	m³	SRH - 20.45.06	6,00	25,45	152,70
<b>4.3 Concreto:</b>						
4.3.1	Concreto armado com fck = 15 MPa para galeria, boca de montante e medidor de vazão inclusive ferro, forma e escoramento	m³	SRH -90.30.20	773,50	516,08	399.187,88
4.3.2	Concreto armado fck = 15 MPa para caixa de saída	m³	SRH -90.30.20	36,00	516,08	18.578,88
4.3.3	Concreto simples com consumo de cimento de 200kg/m³ para regularização	m³	SRH - 90.30.03	212,50	151,77	32.251,13
4.3.4	Alvenaria de pedra argamassada no traço 1:3 de cimento areia, inclusive forma	m³	SRH - 12.12.10	3,00	106,87	320,61
4.3.5	Fornecimento e assentamento de Junta de vedação Fungeband Tipo O-22	m	SRH -20.85.01	73,00	56,26	4.106,98
<b>4.4 Equipamento Hidráulico/Mecânico</b>						
4.4.1	Fornecimento e montagem de Tubo de aço com diâmetro de 800 mm, espessura de 3/8", aço ASTM-A-36 ou A-283-C, inclusive todos os acessórios de interligações das conexões e equipamentos de manobras, tais como parafuso, porcas, borrachas de vedações, etc.	m	Obras em execução	212,50	840,00	178.500,00
4.4.2	Fornecimento e montagem de Registro de gaveta com 800mm de diâmetro, com By-Pass, flange, volante, redutor de engrenagem, PN=10mca acionamento manual	ud	Obras em execução	1,00	24.000,00	24.000,00
4.4.3	Fornecimento e montagem de Registro de gaveta com 200mm de diâmetro, com By-Pass, flange, volante, redutor de engrenagem, PN=10mca acionamento manual	ud	Obras em execução	1,00	3.420,00	3.420,00
4.4.4	Junta de desmontagem com trava axial DN 800mm, fornecimento e montagem	ud	Obras em execução	1,00	960,00	960,00
4.4.5	Fornecimento e montagem de Válvula Borboleta com flanges DN 800mm com acionamento manual por volante	ud	Obras em execução	1,00	14.400,00	14.400,00
4.4.6	Fornecimento e montagem de grade de ferro para proteção da boca de montante	kg	Obras em execução	250,00	2,64	660,00
4.4.7	Fornecimento e montagem de Tê em aço com flange L=0,50m DN 800mm x 200mm	ud	Obras em execução	1,00	420,00	420,00
4.4.8	Fornecimento e montagem de toco de aço com flange ponta L=0,50m DN 800mm espessura	ud	Obras em execução	1,00	360,00	360,00
4.4.9	Revestimento externo com Tinta Primária em três demãos (zarcão = 2 demãos) + (alumínio = 1 demão) numa espessura total de 120 micra, aplicado nas tubulações em aço	m²	Obras em execução	533,38	14,40	7.680,67
4.4.10	Revestimento interno com COLTAR EPOXI AWWA - C-210 numa espessura mínima de 400 micra, aplicado nas tubulações em aço	m²	Obras em execução	493,00	16,80	8.282,40
4.4.11	Comporta tipo Stop-Log (fornecimento e montagem)	ud	Obras em execução	1,00	7.920,00	7.920,00
4.4.12	Vertedouro em chapa de aço (fornecimento e montagem)	ud	Obras em execução	1,00	3.536,06	3.536,06
<b>TOTAL DO ITEM 4</b>						<b>728.280,31</b>
<b>5. BACIA HIDRÁULICA</b>						
5.1	Desmatamento racional da bacia hidráulica	ha	DNOCS 1: 01:730:2	1.975,00	687,26	1.357.338,50
<b>TOTAL DO ITEM 5</b>						<b>1.357.338,50</b>
<b>TOTAL GERAL</b>						<b>45.193.220,42</b>



MONTGOMERY WATSON



EIXO: INHUÇU  
SEÇÃO TIPO: TERRA HOMOGÊNEA COM PROTEÇÃO EM RIP-RAP

## ORÇAMENTO

Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>1. TRABALHOS PREPARATÓRIOS:</b>						
1.1	Caminhos de Serviços com plataforma de 6,0m	km	DNOCS 1:01:511:2	6,00	1.436,59	8.619,54
1.2	Estrada de Acesso, faixa de domínio de 10,0m, greide colado, pista de rolamento de 6,0m e 0,15m de espessura, revestida em piçarra compactada, com valetas de drenagem, incluindo obras de arte e os aterros a estas associadas	km	DNOCS 1:01:530:2	2,50	14.459,13	36.147,83
1.3	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	m <sup>2</sup>	SRH - 01.01.01	3.244.564,52	0,07	227.119,52
1.4	Expurgo nas áreas de implant.da barragem e jazidas, c/bota-fora de até 0,30km, medido no corte	m <sup>3</sup>	SRH- 90.02.05	490.496,11	1,97	966.277,34
	<b>TOTAL DO ITEM 1</b>					<b>1.238.164,22</b>
<b>2. BARRAGEM</b>						
<b>2.1 Fundação:</b>						
2.1.1	Escav., carga, transp. e descarga com bota-fora até 0,30km, em material de 1ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	14.653,52	2,28	33.410,03
2.1.2	Escav., carga, transp.e descarga com bota-fora até 0,30km em material de 2ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.52	1.567,87	2,76	4.327,32
2.1.3	Escav., carga, transp.e descarga com bota fora até 0,30 km em material de 3ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.04.04	186,43	16,75	3.122,70
2.1.4	Escav.,carga, transp.e descarga de material de 1ª categ.da fundação c/ rebaixamento do lençol frático e bota-fora de 0,30 km	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:540:2	1.296,73	43,22	56.044,67
2.1.5	Escavação carga, transporte e descarga de material de 2ª categoria da fundação c/ rebaixamento do lençol frático e bota-fora de 0,30 km	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:560:2	432,24	48,66	21.032,80
2.1.6	Perfur. para injeção de cimento, com equipamento rotoperussivo diâm. de 2 1/2"	m	SRH - 20.15.01	22.683,20	59,00	1.338.308,80
2.1.7	Perfuração com equipamento rotativo diâmetro NX, inclusive ensaios.	m	DNOCS 1:08:812:2	5.670,79	183,66	1.041.497,29
2.1.9	Fornecimento de cimento e aplic.de injeção para imperm. da rocha da fundação	kg	SRH - 20.15.08	1.417.699,56	0,80	1.134.159,65
<b>2.2 Maciço</b>						0,00
2.2.1	Escav., carga, transp.e descarga de material de 1ª categoria das jazidas até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	3.827.715,69	2,28	8.727.191,77
2.2.2	Fornecimento, inclusive extração, carga, britagem, transp.até 0,30km, descarga, espalh.mecânico e arrumação manual de material de 3ª categoria para Rip - Rap	m <sup>3</sup>	SRH -20.45.06	97.802,09	25,45	2.489.063,19
2.2.3	Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e adensamento de areia para filtros	m <sup>3</sup>	SRH -20.20.10	102.770,81	12,44	1.278.468,88
2.2.4	Transporte complementar do material de 1ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:090:2	10.334.832,38	1,08	11.161.618,97
2.2.5	Espalh. umedecimento e compact. de Random na barragem e fundação	m <sup>3</sup>	SRH - 20.40.01	180.616,79	1,10	198.678,47
2.2.6	Espalh. umedecimento e compact. do material argiloso na barragem e fundação	m <sup>3</sup>	SRH - 20.40.02	3.189.763,08	1,17	3.732.022,80
2.2.7	Fornec.,inclusive extração,carga,britagem,transp.até 0,30km,descarga,e exec.da transição	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:281:2	1.902,35	34,40	65.440,84
2.2.8	Fornecimento, inclusive, extração, carga, britagem, transporte até 0,30km, descarga, espalhamento e compactação do enrocamento (Rock - Fill)	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:209/210/90/2	6.447,09	13,73	88.518,55
2.2.9	Fornecimento do revestimento para o talude de jusante, pedrisco ou cascalho, inclusive extração, carga, transporte, descarga espalhamento e compactação	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:281:2	34.073,00	10,32	351.633,36
2.2.10	Regularização manual e compactação dos taludes	m <sup>2</sup>	SRH -20.50.02	167.854,97	2,73	458.244,07
2.2.11	Transporte complementar do material de 3ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:110:2	1.347.533,54	1,29	1.738.318,27
<b>2.3 Drenagem</b>						
2.3.1	Concr.armado inclusive formas e ferro c/consumo de 300kg de cim. m <sup>3</sup> p/calha coletora e descida d'água	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:07:070:3	184,20	516,08	95.061,94
2.3.2	Fornec.e assent.de meio-fio, concr.simples consumo de 300 kg/m <sup>3</sup> ,para o coroamento da barragem	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:07:040:3	68,19	496,84	33.879,52
2.3.3	Alvenaria de pedra no traço 1:3 de cimento e areia para canaletas das ombreiras	m <sup>3</sup>	DERT-CE 10.012.01	42,41	106,87	4.532,36
	<b>TOTAL DO ITEM 2</b>					<b>34.054.576,23</b>
<b>3. SANGRADOURO:</b>						
<b>3.1 Escavação:</b>						
3.1.1	Escav.,carga,transp. e descarga de material de 1ªcategoria c/transporte até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	41.213,75	2,28	93.967,35
3.1.2	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 2ª categoria c/bota-fora até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.52	68.689,58	2,76	189.583,24
3.1.3	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 3ª categoria c/ bota-fora até 0,30 km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.04.04	271.699,97	16,75	4.550.974,50
	<b>TOTAL DO ITEM 3</b>					<b>4.834.525,09</b>



MONTGOMERY WATSON



EIXO: INHUÇU  
SEÇÃO TIPO: TERRA HOMOGÊNEA COM PROTEÇÃO EM RIP-RAP

## ORÇAMENTO

Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>4. TOMADA D'ÁGUA</b>						
<b>4.1 Escavação:</b>						
4.1.1	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 1ªcategoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.07.02	563,13	2,28	1.283,94
4.1.2	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 2ªcategoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.07.52	629,00	2,76	1.736,04
4.1.3	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 3ªcategoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.04.04	941,38	16,75	15.768,12
4.1.4	Reaterro lateral com compactação manual	m³	SRH - 15.18.02	544,04	8,74	4.754,91
<b>4.2 Canal de acesso</b>						
4.2.1	Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação do material do enrocamento	m³	SRH - 20.45.06	6,00	25,45	152,70
<b>4.3 Concreto:</b>						
4.3.1	Concreto armado com fck = 15 MPa para galeria, boca de montante e medidor de vazão inclusive ferro, forma e escoramento	m³	SRH - 90.30.20	773,50	516,08	399.187,88
4.3.2	Concreto armado fck = 15 MPa para caixa de saída	m³	SRH - 90.30.20	36,00	516,08	18.578,88
4.3.3	Concreto simples com consumo de cimento de 200kg/m³ para regularização	m³	SRH - 90.30.03	42,50	151,77	6.450,23
4.3.4	Alvenaria de pedra argamassada no traço 1:3 de cimento areia, inclusive forma	m³	SRH - 12.12.10	3,00	106,87	320,61
4.3.5	Fornecimento e assentamento de Junta de vedação Fungeband Tipo O-22	m	SRH - 20.85.01	44,00	56,26	2.475,44
<b>4.4 Equipamento Hidráulico/Mecânico</b>						
4.4.1	Fornecimento e montagem de Tubo de aço com diâmetro de 800 mm, espessura de 3/8", aço ASTM-A-36 ou A-283-C, inclusive todos os acessórios de interligações das conexões e equipamentos de manobras, tais como parafuso, porcas, borrachas de vedações, etc.	m	Obras em execução	212,50	840,00	178.500,00
4.4.2	Fornecimento e montagem de Registro de gaveta com 800mm de diâmetro, com By-Pass, flange, volante, redutor de engrenagem, PN=10mca acionamento manual	ud	Obras em execução	1,00	24.000,00	24.000,00
4.4.3	Fornecimento e montagem de Registro de gaveta com 200mm de diâmetro, com By-Pass, flange, volante, redutor de engrenagem, PN=10mca acionamento manual	ud	Obras em execução	1,00	3.420,00	3.420,00
4.4.4	Junta de desmontagem com trava axial DN 800mm, fornecimento e montagem	ud	Obras em execução	1,00	960,00	960,00
4.4.5	Fornecimento e montagem de Válvula Borboleta com flanges DN 800mm com acionamento manual por volante	ud	Obras em execução	1,00	14.400,00	14.400,00
4.4.6	Fornecimento e montagem de grade de ferro para proteção da boca de montante	kg	Obras em execução	250,00	2,64	660,00
4.4.7	Fornecimento e montagem de Tê em aço com flange L=0,50m DN 800mm x 200mm	ud	Obras em execução	1,00	420,00	420,00
4.4.8	Fornecimento e montagem de toco de aço com flange ponta L=0,50m DN 800mm espessura	ud	Obras em execução	1,00	360,00	360,00
4.4.9	Revestimento externo com Tinta Primária em três demãos (zarcão = 2 demãos) + (alumínio = 1 demão) numa espessura total de 120 micra, aplicado nas tubulações em aço	m²	Obras em execução	533,38	14,40	7.680,67
4.4.10	Revestimento interno com COLTAR EPOXI AWWA - C-210 numa espessura mínima de 400 micra, aplicado nas tubulações em aço	m²	Obras em execução	493,00	16,80	8.282,40
4.4.11	Comporta tipo Stop-Log (fornecimento e montagem)	ud	Obras em execução	1,00	7.920,00	7.920,00
4.4.12	Vertedouro em chapa de aço (fornecimento e montagem)	ud	Obras em execução	1,00	3.536,06	3.536,06
<b>TOTAL DO ITEM 4</b>						<b>700.847,87</b>
<b>5. BACIA HIDRÁULICA</b>						
5.1	Desmatamento racional da bacia hidráulica	ha	DNOCS 1: 01:730:2	1.975,00	687,26	1.357.338,50
<b>TOTAL DO ITEM 5</b>						<b>1.357.338,50</b>
<b>TOTAL GERAL</b>						<b>42.185.451,91</b>





MONTGOMERY WATSON



EIXO: INHUÇU  
SEÇÃO TIPO: TERRA ZONEADA COM SOLO CIMENTO

## ORÇAMENTO

Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>1.</b>	<b>TRABALHOS PREPARATÓRIOS:</b>					
1.1	Caminhos de Serviços com plataforma de 6,0m	km	DNOCS 1:01:511:2	6,00	1.436,59	8.619,54
1.2	Estrada de Acesso, faixa de domínio de 10,0m, greide colado, pista de rolamento de 6,0m e 0,15m de espessura, revestida em piçarra compactada, com valetas de drenagem, incluindo obras de arte e os aterros a estas associadas	km	DNOCS 1:01:530:2	2,50	14.459,13	36.147,83
1.3	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	m <sup>2</sup>	SRH - 01.01.01	4.441.338,28	0,07	310.893,68
1.4	Expurgo nas áreas de implant.da barragem e jazidas, c/bota-fora de até 0,30km, medido no corte	m <sup>3</sup>	SRH - 90.02.05	672.944,03	1,97	1.325.699,74
	<b>TOTAL DO ITEM 1</b>					<b>1.681.360,78</b>
<b>2.</b>	<b>BARRAGEM</b>					
<b>2.1</b>	<b>Fundação:</b>					
2.1.1	Escav., carga, transp. e descarga com bota-fora até 0,30km, em material de 1ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	14.653,52	2,28	33.410,03
2.1.2	Escav., carga, transp.e descarga com bota-fora até 0,30km em material de 2ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.52	1.567,87	2,76	4.327,32
2.1.3	Escav., carga, transp.e descarga com botra fora até 0,30 km em material de 3ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.04.04	186,43	16,75	3.122,70
2.1.4	Escav.,carga, transp.e descarga de material de 1ª categ.da fundação c/ rebaixamento do lençol frático e bota-fora de 0,30 km	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:540:2	1.296,73	43,22	56.044,67
2.1.5	Escavação carga, transporte e descarga de material de 2ª categoria da fundação c/ rebaixamento do lençol frático e bota-fora de 0,30 km	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:560:2	432,24	48,66	21.032,80
2.1.6	Perfur. para injeção de cimento, com equipamento rotoperussivo diâm. de 2 1/2"	m	SRH - 20.15.01	22.683,20	59,00	1.338.308,80
2.1.7	Perfuração com equipamento rotativo diâmetro NX, inclusive ensaios.	m	DNOCS 1:08:812:2	5.670,79	183,66	1.041.497,29
2.1.9	Fornecimento de cimento e aplic.de injeção para imperm. da rocha da fundação	kg	SRH - 20.15.08	1.417.699,56	0,80	1.134.159,65
<b>2.2</b>	<b>Maciço</b>					0,00
2.2.1	Escav., carga, transp.e descarga de material de 1ª categoria das jazidas até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	4.677.674,90	2,28	10.665.098,77
2.2.2	Execução de proteção em solo-cimento, inclusive fornecimento de cimento, extração de solo, carga, descarga e transportes	m <sup>3</sup>	Obras em execução	66.550,59	40,20	2.675.333,72
2.2.3	Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e adensamento de areia para filtros	m <sup>3</sup>	SRH -20.20.10	120.072,86	12,44	1.493.706,38
2.2.4	Transporte complementar do material de 1ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:090:2	6.959.411,47	1,08	7.516.164,39
2.2.5	Espalh. umedecimento e compact. do material argiloso na barragem e fundação	m <sup>3</sup>	SRH -20.40.02	3.898.062,42	1,17	4.560.733,03
2.2.6	Fornec.inclusive extração,carga,britagem,transp.até 0,30km,descarga,e exec.da transição	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:281:2	1.889,29	34,40	64.991,58
2.2.7	Fornecimento, inclusive, extração, carga, britagem, transporte até 0,30km, descarga, espalhamento e compactação do enrocamento (Rock - Fill)	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:209/210/90/2	6.447,09	13,73	88.518,55
2.2.8	Fornecimento do revestimento para o talude de jusante, pedrisco ou cascalho, inclusive extração, carga, transporte, descarga espalhamento e compactação	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:281:2	37.311,78	10,32	385.057,57
2.2.9	Regularização manual e compatação dos taludes	m <sup>3</sup>	SRH -20.50.02	186.484,24	2,73	509.101,98
2.2.10	Transporte complementar do material de 3ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:110:2	191.722,30	1,29	247.321,77
<b>2.3</b>	<b>Drenagem</b>					
2.3.1	Concr.armado inclusive formas e ferro c/consumo de 300kg de cim. m <sup>3</sup> p/calha coletora e descida d'água	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:07:070:3	214,78	516,08	110.843,66
2.3.2	Fornec.e assent.de meio-fio, concr.simples consumo de 300 kg/m <sup>3</sup> para o coroamento da barragem	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:07:040:3	68,19	496,84	33.879,52
2.3.3	Alvenaria de pedra no traço 1:3 de cimento e areia para canaletas das ombreiras	m <sup>3</sup>	DETR-CE 10.012.01	45,76	106,87	4.890,37
	<b>TOTAL DO ITEM 2</b>					<b>31.987.544,53</b>
<b>3.</b>	<b>SANGRADOURO:</b>					
<b>3.1</b>	<b>Escavação:</b>					
3.1.1	Escav.,carga,transp. e descarga de material de 1ªcategoria c/transporte até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	41.213,75	2,28	93.967,35
3.1.2	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 2ª categoria c/bota-fora até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.52	68.689,58	2,76	189.583,24
3.1.3	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 3ª categoria c/ bota-fora até 0,30 km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.04.04	366.276,34	16,75	6.135.128,70
	<b>TOTAL DO ITEM 3</b>					<b>6.418.679,29</b>



MONTGOMERY WATSON



EIXO: INHUÇU  
SEÇÃO TIPO: TERRA ZONEADA COM SOLO CIMENTO

## ORÇAMENTO

Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>4. TOMADA D'ÁGUA</b>						
<b>4.1 Escavação:</b>						
4.1.1	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 1ªcategoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.07.02	563,13	2,28	1.283,94
4.1.2	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 2ªcategoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.07.52	629,00	2,76	1.736,04
4.1.3	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 3ªcategoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.04.04	941,38	16,75	15.768,12
4.1.4	Reaterro lateral com compactação manual	m³	SRH - 15.18.02	544,04	8,74	4.754,91
<b>4.2 Canal de acesso</b>						
4.2.1	Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação do material do enrocamento	m³	SRH - 20.45.06	6,00	25,45	152,70
<b>4.3 Concreto:</b>						
4.3.1	Concreto armado com fck = 15 MPa para galeria, boca de montante e medidor de vazão inclusive ferro, forma e escoramento	m³	SRH -90.30.20	773,50	516,08	399.187,88
4.3.2	Concreto armado fck = 15 MPa para caixa de saída	m³	SRH -90.30.20	36,00	516,08	18.578,88
4.3.3	Concreto simples com consumo de cimento de 200kg/m³ para regularização	m³	SRH - 90.30.03	42,50	151,77	6.450,23
4.3.4	Alvenaria de pedra argamassada no traço 1:3 de cimento areia, inclusive forma	m³	SRH - 12.12.10	3,00	106,87	320,61
4.3.5	Fornecimento e assentamento de Junta de vedação Fungeband Tipo O-22	m	SRH -20.85.01	44,00	56,26	2.475,44
<b>4.4 Equipamento Hidráulico/Mecânico</b>						
4.4.1	Fornecimento e montagem de Tubo de aço com diâmetro de 800 mm, espessura de 3/8", aço ASTM-A-36 ou A-283-C, inclusive todos os acessórios de interligações das conexões e equipamentos de manobras, tais como parafuso, porcas, borrachas de vedações, etc.	m	Obras em execução	212,50	840,00	178.500,00
4.4.2	Fornecimento e montagem de Registro de gaveta com 800mm de diâmetro, com By-Pass, flange, volante, redutor de engrenagem, PN=10mca acionamento manual	ud	Obras em execução	1,00	24.000,00	24.000,00
4.4.3	Fornecimento e montagem de Registro de gaveta com 200mm de diâmetro, com By-Pass, flange, volante, redutor de engrenagem, PN=10mca acionamento manual	ud	Obras em execução	1,00	3.420,00	3.420,00
4.4.4	Junta de desmontagem com trava axial DN 800mm, fornecimento e montagem	ud	Obras em execução	1,00	960,00	960,00
4.4.5	Fornecimento e montagem de Válvula Borboleta com flanges DN 800mm com acionamento manual por volante	ud	Obras em execução	1,00	14.400,00	14.400,00
4.4.6	Fornecimento e montagem de grade de ferro para proteção da boca de montante	kg	Obras em execução	250,00	2,64	660,00
4.4.7	Fornecimento e montagem de Tê em aço com flange L=0,50m DN 800mm x 200mm	ud	Obras em execução	1,00	420,00	420,00
4.4.8	Fornecimento e montagem de toco de aço com flange ponta L=0,50m DN 800mm espessura	ud	Obras em execução	1,00	360,00	360,00
4.4.9	Revestimento externo com Tinta Primária em três demãos (zarcão = 2 demãos) + (alumínio = 1 demão) numa espessura total de 120 micra, aplicado nas tubulações em aço	m²	Obras em execução	533,38	14,40	7.680,67
4.4.10	Revestimento interno com COLTAR EPOXI AWWA - C-210 numa espessura mínima de 400 micra, aplicado nas tubulações em aço	m²	Obras em execução	493,00	16,80	8.282,40
4.4.11	Comporta tipo Stop-Log (fornecimento e montagem)	ud	Obras em execução	1,00	7.920,00	7.920,00
4.4.12	Vertedouro em chapa de aço (fornecimento e montagem)	ud	Obras em execução	1,00	3.536,06	3.536,06
<b>TOTAL DO ITEM 4</b>						<b>700.847,87</b>
<b>5. BACIA HIDRÁULICA</b>						
5.1	Desmatamento racional da bacia hidráulica	ha	DNOCS 1: 01:730:2	1.975,00	687,26	1.357.338,50
<b>TOTAL DO ITEM 5</b>						<b>1.357.338,50</b>
<b>TOTAL GERAL</b>						<b>42.145.770,97</b>



MONTGOMERY WATSON



EIXO: INHUÇU  
SEÇÃO TIPO: TERRA ZONEADA COM PROTEÇÃO EM RIP-RAP

ORÇAMENTO						
Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>1. TRABALHOS PREPARATÓRIOS:</b>						
1.1	Caminhos de Serviços com plataforma de 6,0m	km	DNOCS 1:01:511:2	6,00	1.436,59	8.619,54
1.2	Estrada de Acesso, faixa de domínio de 10,0m, greide colado, pista de rolamento de 6,0m e 0,15m de espessura, revestida em piçarra compactada, com valetas de drenagem, incluindo obras de arte e os aterros a estas associadas	km	DNOCS 1:01:530:2	2,50	14.459,13	36.147,83
1.3	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	m <sup>2</sup>	SRH - 01.01.01	4.055.497,74	0,07	283.884,84
1.4	Expurgo nas áreas de implant.da barragem e jazidas, c/bota-fora de até 0,30km, medido no corte	m <sup>3</sup>	SRH- 90.02.05	614.405,00	1,97	1.210.377,85
	<b>TOTAL DO ITEM 1</b>					<b>1.539.030,06</b>
<b>2. BARRAGEM</b>						
<b>2.1 Fundação:</b>						
2.1.1	Escav., carga, transp. e descarga com bota-fora até 0,30km, em material de 1ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	14.653,52	2,28	33.410,03
2.1.2	Escav., carga, transp.e descarga com bota-fora até 0,30km em material de 2ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.52	1.567,87	2,76	4.327,32
2.1.3	Escav., carga, transp.e descarga com botra fora até 0,30 km em material de 3ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.04.04	186,43	16,75	3.122,70
2.1.4	Escav.,carga, transp.e descarga de material de 1ª categ.da fundação c/ rebaixamento do lençol frático e bota-fora de 0,30 km	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:540:2	1.296,73	43,22	56.044,67
2.1.5	Escavação carga, transporte e descarga de material de 2ª categoria da fundação c/ rebaixamento do lençol frático e bota-fora de 0,30 km	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:560:2	432,24	48,66	21.032,80
2.1.6	Perfur. para injeção de cimento, com equipamento rotopercussivo diâm. de 2 1/2"	m	Obras em execução	22.683,20	59,00	1.338.308,80
2.1.7	Perfuração com equipamento rotativo diâmetro NX, inclusive ensaios.	m	DNOCS 1:08:812:2	5.670,79	183,66	1.041.497,29
2.1.9	Fornecimento de cimento e aplic.de injeção para imperm. da rocha da fundação	kg	SRH - 20.15.08	1.417.699,56	0,80	1.134.159,65
	<b>2.2 Maciço</b>					0,00
2.2.1	Escav., carga, transp.e descarga de material de 1ª categoria das jazidas até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	4.217.642,10	2,28	9.616.223,99
2.2.2	Fornecimento, inclusive extração, carga, britagem, transp.até 0,30km, descarga, espalh.mecânico e arrumação manual de material de 3ª categoria para Rip - Rap	m <sup>3</sup>	SRH -20.45.06	97.802,09	25,45	2.489.063,19
2.2.3	Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e adensamento de areia para filtros	m <sup>3</sup>	SRH -20.20.10	117.695,94	12,44	1.464.137,49
2.2.4	Transporte complementar do material de 1ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:090:2	6.015.776,12	1,08	6.497.038,21
2.2.5	Espalh. umedecimento e compact. de Random na barragem e fundação	m <sup>3</sup>	SRH -20.40.01	180.538,29	1,10	198.592,12
2.2.6	Espalh. umedecimento e compact. do material argiloso na barragem e fundação	m <sup>3</sup>	SRH -20.40.02	3.514.701,75	1,17	4.112.201,05
2.2.7	Fornec.,inclusive extração,carga,britagem,transp.até 0,30km,descarga,e exec.da transição	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:281:2	1.889,29	34,40	64.991,58
2.2.8	Fornecimento, inclusive, extração, carga, britagem, transporte até 0,30km, descarga, espalhamento e compactação do enrocamento (Rock - Fill)	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:209/210/90:2	6.447,09	13,73	88.518,55
2.2.9	Fornecimento do revestimento para o talude de jusante, pedrisco ou cascalho, inclusive extração, carga, transporte, descarga espalhamento e compactação	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:281:2	39.627,94	10,32	408.960,34
2.2.10	Regularização manual e compactação dos taludes	m <sup>2</sup>	SRH -20.50.02	181.758,01	2,73	496.199,37
2.2.11	Transporte complementar do material de 3ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:110:2	1.370.479,74	1,29	1.767.918,86
	<b>2.3 Drenagem</b>					
2.3.1	Concr.armado inclusive formas e ferro c/consumo de 300kg de cim. m <sup>3</sup> p/calha coletora e descida d'água	m <sup>3</sup>	SRH-90.30.20	214,78	516,08	110.843,66
2.3.2	Fornec.e assent.de meio-fio, concr.simples consumo de 300 kg/m <sup>3</sup> para o coroamento da barragem	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:07:040:3	68,19	496,84	33.879,52
2.3.3	Alvenaria de pedra no traço 1:3 de cimento e areia para canaletas das ombreiras	m <sup>3</sup>	SRH-12.12.10	45,76	106,87	4.890,37
	<b>TOTAL DO ITEM 2</b>					<b>30.985.361,55</b>
<b>3. SANGRADOURO:</b>						
<b>3.1 Escavação:</b>						
3.1.1	Escav.,carga,transp. e descarga de material de 1ªcategoria c/transporte até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	41.213,75	2,28	93.967,35
3.1.2	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 2ª categoria c/bota-fora até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.52	68.689,58	2,76	189.583,24
3.1.3	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 3ª categoria c/ bota-fora até 0,30 km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.04.04	266.158,09	16,75	4.458.148,01
	<b>TOTAL DO ITEM 3</b>					<b>4.741.698,60</b>



MONTGOMERY WATSON



EIXO: INHUÇU

SEÇÃO TIPO: TERRA ZONEADA COM PROTEÇÃO EM RIP-RAP

ORÇAMENTO						
Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>4. TOMADA D'ÁGUA</b>						
<b>4.1 Escavação:</b>						
4.1.1 Escav.,carga,transp.e descarga de material de 1ªcategoria c/bota-fora até 0,30km		m³	SRH - 01.07.02	563,13	2,28	1.283,94
4.1.2 Escav.,carga,transp.e descarga de material de 2ªcategoria c/bota-fora até 0,30km		m³	SRH - 01.07.52	629,00	2,76	1.736,04
4.1.3 Escav.,carga,transp.e descarga de material de 3ªcategoria c/bota-fora até 0,30km		m³	SRH - 01.04.04	941,38	16,75	15.768,12
4.1.4 Reaterro lateral com compactação manual		m³	SRH - 15.18.02	544,04	8,74	4.754,91
<b>4.2 Canal de acesso</b>						
4.2.1 Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação do material do enrocamento		m³	SRH - 20.45.06	6,00	25,45	152,70
<b>4.3 Concreto:</b>						
4.3.1 Concreto armado com fck = 15 MPa para galeria, boca de montante e medidor de vazão inclusive ferro, forma e escoramento		m³	SRH -90.30.20	773,50	516,08	399.187,88
4.3.2 Concreto armado fck = 15 MPa para caixa de saída		m³	SRH -90.30.20	36,00	516,08	18.578,88
4.3.3 Concreto simples com consumo de cimento de 200kg/m³ para regularização		m³	SRH - 90.30.03	42,50	151,77	6.450,23
4.3.4 Alvenaria de pedra argamassada no traço 1:3 de cimento areia, inclusive forma		m³	SRH - 12.12.10	3,00	106,87	320,61
4.3.5 Fornecimento e assentamento de Junta de vedação Fungeband Tipo O-22		m	DNOCS-1:09:040:3	44,00	56,26	2.475,44
<b>4.4 Equipamento Hidráulico/Mecânico</b>						
4.4.1 Fornecimento e montagem de Tubo de aço com diâmetro de 800 mm, espessura de 3/8", aço ASTM-A-36 ou A-283-C, inclusive todos os acessórios de interligações das conexões e equipamentos de manobras, tais como parafuso, porcas, borrachas de vedações, etc.		m	Obras em execução	212,50	840,00	178.500,00
4.4.2 Fornecimento e montagem de Registro de gaveta com 800mm de diâmetro, com By-Pass, flange, volante, redutor de engrenagem, PN=10mca acionamento manual		ud	Obras em execução	1,00	24.000,00	24.000,00
4.4.3 Fornecimento e montagem de Registro de gaveta com 200mm de diâmetro, com By-Pass, flange, volante, redutor de engrenagem, PN=10mca acionamento manual		ud	Obras em execução	1,00	3.420,00	3.420,00
4.4.4 Junta de desmontagem com trava axial DN 800mm, fornecimento e montagem		ud	Obras em execução	1,00	960,00	960,00
4.4.5 Fornecimento e montagem de Válvula Borboleta com flanges DN 800mm com acionamento manual por volante		ud	Obras em execução	1,00	14.400,00	14.400,00
4.4.6 Fornecimento e montagem de grade de ferro para proteção da boca de montante		kg	Obras em execução	250,00	2,64	660,00
4.4.7 Fornecimento e montagem de Tê em aço com flange L=0,50m DN 800mm x 200mm		ud	Obras em execução	1,00	420,00	420,00
4.4.8 Fornecimento e montagem de toco de aço com flange ponta L=0,50m DN 800mm espessura		ud	Obras em execução	1,00	360,00	360,00
4.4.9 Revestimento externo com Tinta Primária em três demãos (zarcão = 2 demãos) + (alumínio = 1 demão) numa espessura total de 120 micra, aplicado nas tubulações em aço		m²	Obras em execução	533,38	14,40	7.680,67
4.4.10 Revestimento interno com COLTAR EPOXI AWWA - C-210 numa espessura mínima de 400 micra, aplicado nas tubulações em aço		m²	Obras em execução	493,00	16,80	8.282,40
4.4.11 Comporta tipo Stop-Log (fornecimento e montagem)		ud	Obras em execução	1,00	7.920,00	7.920,00
4.4.12 Vertedouro em chapa de aço (fornecimento e montagem)		ud	Obras em execução	1,00	3.536,06	3.536,06
<b>TOTAL DO ITEM 4</b>						<b>700.847,87</b>
<b>5. BACIA HIDRÁULICA</b>						
5.1 Desmatamento racional da bacia hidráulica		ha	SRH-01.01.05/06	1.975,00	687,26	1.357.338,50
<b>TOTAL DO ITEM 5</b>						<b>1.357.338,50</b>
<b>TOTAL GERAL</b>						<b>39.324.276,58</b>

#### **4.4. AÇUDE FRONTEIRAS**

##### **4.4.1. Generalidades**

O açude Fronteiras tem, dentro do planejamento de integração do maciço da Ibiapaba, a função de principal fonte de abastecimento do canal de adução projetado.

Para atender as demandas previstas o açude deve ser de grande porte, com um volume de reservação na ordem de 1 bilhão de m<sup>3</sup>. Para localizar um reservatório dessa magnitude foi estudado um trecho do rio Poti, e do seu afluente pela margem direita chamado rio Diamante, situado a jusante da cidade de Crateus e o mais próximo do sopé da Serra da Ibiapaba. Foi selecionado um vale estreito onde o rio Poti corta a serra, na direção ocidental, entre as localidades de Ibiapaba e Oiticica, próximo a fronteira entre os estados do Ceará e Piauí. Nesse vale escolheu-se um eixo para o barramento situado a 2 km à montante da sede do distrito de Ibiapaba, possibilitando a regularização de toda a sub- bacia do rio Poti, na parte ocidental do Estado do Ceará.

Para a escolha desse local considerou-se, dentro da expectativa volumétrica do reservatório, se as águas do reservatório atingiriam a zona urbana da cidade de Crateus, se a ferrovia de ligação Ceará- Piauí seria preservada de remanejamentos onerosos e idem para as rodovias federais Br-404(pavimentada) e Br- 226 (em terra).

##### **4.4.2. Localização e Acesso**

O eixo selecionado para o açude Fronteiras situa-se na microrregião do Sertão de Crateus, na região oeste do estado do Ceará, a cerca de 27 km a oeste da cidade de Crateus e 2 km a leste do distrito de Ibiapaba. O eixo cruza o rio Poti nas coordenadas N 9.441.950 e E 288.700 .

O acesso ao local do eixo, a partir de Fortaleza, é feito pelas rodovias pavimentadas com revestimento asfáltico Br-020(até Cruzeta), Br-226(até Crateus) e Br-226 em terra, num percurso total de 363 km, sendo 336 km em asfalto e 27 km em terra.

### **4.4.3. Geologia Regional e Local**

#### **Geologia Regional**

A geologia da serra da Ibiapaba encontra-se descrita no item 4.2.3 deste volume.

#### **Geologia do Local**

A geologia do local da barragem de Fronteiras é caracterizado pelo complexo pré-Cambriano não diferenciado de rochas cristalinas, aflorantes ou perto da superfície nas ombreiras e no leito do rio. Os afloramentos indicam um complexo de rochas migmatizadas, caracterizadas por gnaiss (cinza), xisto (cinza escuro), e quartzito (cinza claro), com intrusões de granito (cinza de textura fina a grossa) e pegmatito (branco a cor-de-rosa com textura grossa), e xenólitos de anfibolito (preto). No local da barragem o maciço rochoso é caracterizado por um forte foliação na direção N70°O, paralelo ao fluxo do rio, e mergulhando de 60°SO (ombreira esquerda à 90°). O maciço rochoso está cortado por vários veios de quartzo que acompanham a orientação das principais famílias de juntas tectônicas.

Na planície adjacente ao leito do Rio Poti estas rochas estão cobertas por depósitos aluvionares Quaternários, caracterizados em ambas as margens por depósitos de areia fina siltosa de cor marrom amarelada, formados em períodos de enchentes extraordinárias do Rio Poti. O leito do rio é caracterizado por afloramentos de rocha e depósitos aluvionares recentes. Estes depósitos estão compostos de areia clara de textura média a grossa, com seixos de cascalho arredondados com origem nas próprias rochas pré-Cambrianas.

Segundo o mapeamento geológico, confirmado pelas sondagens e poços, o local escolhido para o eixo da barragem apresenta ótimas condições de fundação tanto para uma barragem de gravidade, de concreto ou alvenaria, como para uma de terra. A fundação de uma barragem de gravidade seria em contato com a rocha sã em sua área total, e obrigaria uma escavação de aproximadamente 1,0 de profundidade nas ombreiras e 6,5 a 7,0 m no leito do rio. Uma barragem de terra provavelmente seria fundada em solo residual (saprolito) e aluvião, no leito do rio, praticamente sem escavação, dependendo nos resultados de ensaios geotécnicos mais específicos para avaliação do potencial de liquefação da areia da fundação. Para garantir a permeabilidade da barragem será necessário a escavação de um cut-off até rocha sã ao longo do eixo da barragem.

Os afloramentos de rocha mapeados e os testemunhos de sondagens indicam um maciço rochoso pouco intemperizado mas bastante fraturado, com a principal família de juntas paralela a foliação regional. Um outro sistema de juntas ocorre com direção N20°L, com mergulho subvertical.

Baseado nos ensaios de perda d'água das sondagens, conclui-se que o maciço rochoso da fundação é bastante impermeável com a exceção da ocorrência de fraturas abertas nos primeiros 3,0m abaixo da superfície de rocha sã, que poderiam ser preenchidas com calda injetada.

Devido a topografia suave dos encostas do reservatório e a estanqueidade da rocha, a estabilidade dos taludes e a permeabilidade do reservatório não são considerados problemáticos.

#### **4.4.4. Investigações Geotécnicas**

Foi realizado um programa de investigações geotécnicas no local da barragem de Fronteiras para apoiar os estudos. As investigações incluíram o mapeamento geológico da superfície, investigações da sub-superfície através de quatro sondagens rotativas e oito poços escavados à pá e picareta, na área da fundação da barragem, e nas áreas de empréstimos. As investigações também incluíram caracterização em laboratório de amostras coletados nos poços.

##### **4.4.4.1. Investigações no Local da Barragem**

As sondagens foram do tipo mista (percussão/rotativa) com recuperação de amostras de solo e testemunhos de rocha (diâmetro BX). Foram realizados ensaios de penetração (SPT), permeabilidade no solo e ensaios de perda d'água, a cada 3m na rocha. A locação destas investigações, e seções mostrando os resultados estão expostos na prancha nº FT- 06 do Volume 2 - Anteprojeto das Obras. Os resultados detalhados em forma de Boletins de Sondagens e poços, fotografias etc., estão incluídos no Volume 4 - Estudos Geotécnicos. As características e resultados das investigações da subsuperfície estão resumidos no quadro 4.12.

**Quadro 4.12 – Resumo das Sondagens Mecânicas**

No.	Estaca	Cota da Boca (m)	Profundidade da Rocha Decomposta (m)	Profundidade Topo Rocha Sã (m)	Total perfurado (m)
SM-1	7+ 10,0	249,030	5,00	6,30	14,07
SM-2	20+ 14,0	246,657	3,06	6,80	14,80
SM-3	30	249,730	2,34	3,00	11,34
SM-4	39	258,330	-	0,30	9,30

#### 4.4.4.2. Investigações nas fontes de materiais de construção

Foram identificadas 4 áreas de empréstimos situadas na ombreira esquerda, sendo duas à montante e duas à jusante, situadas até uma distancia máxima de 2,5 km para o eixo. O empréstimo denominado E-01, fica a 200 m à montante do eixo locado, em terras do Sr. José Rodrigues, é constituído de um solo areno argiloso com pedregulhos, cor cinza, com espessura de cerca de 1,50 m. O empréstimo E-02 situa-se a 1,0 km à montante do eixo, em terras da Sra. Eva Maria Silva, sendo constituído de um horizonte de cascalho arenoso argiloso ou siltoso (solo SC e SM), cor avermelhada a variegada, com espessura na ordem de 1,30 m. Na ombreira esquerda a 300 m à jusante do eixo delimitou-se uma ocorrência de solo areno argiloso com cascalho, de cor roxa a variegada, com espessura média de 1,10 m e denominada de empréstimo E-03. Como empréstimo E-04, denominou-se uma área de cascalho silto arenoso de cor variegada, com espessura de cerca de 1,0 m , situada a 2,5 km a jusante do eixo nas proximidades da zona urbana da Ibiapaba. No quadro 4.13 é apresentada de forma resumida os resultados dos ensaios realizados em amostras extraídas dessas áreas.



**Quadro 4.13 – Resumo dos Ensaios dos Empréstimos**

<b>FURO</b>	<b>06</b>	<b>07</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	
<b>LOCAL</b>	E- 01	E- 02	E- 03	E- 03	
<b>PROF. ( m ):</b>	0,10	0,10	0,10	0,10	
	1,60	1,80	1,10	1,20	
<b>AMOSTRA</b>	1	1	1	1	
<b>%PASSA</b>	<b>1"</b>	100	100	100	100
	<b>3/4"</b>	100	100	100	96,0
	<b>3/8"</b>	100	98,0	100	93,0
	<b>No. 4</b>	96,0	89,0	94,0	85,0
	<b>No. 10</b>	80,0	72,0	82,0	65,0
	<b>No. 40</b>	53,0	48,0	54,0	36,0
	<b>No. 200</b>	25,0	30,0	32,0	21,0
<b>LL</b>	31	24	30	27	
<b>LP</b>	22	18	20	19	
<b>IP</b>	9	6	10	8	
<b>IG</b>	0	0	0	0	
<b>U.S.C.</b>	SC	SM- SC	SC	SC	
<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,825	1,940	1,820	1,900	
<b>h ótima (%)</b>	12,4	10,2	12,0	8,5	

Ao longo da calha do rio Poti ocorrem grandes depósitos de areia média a grossa com excelentes características para emprego no sistema de drenagem interno do maciço ou para concretos, sendo suficiente a exploração de pequena extensão do rio para obtenção dos volumes previstos.

Para a proteção do talude de montante de uma barragem de terra ou para agregados de concretos vibrados ou rolados indicou-se o uso da rocha granítica sã, proveniente das escavações obrigatórias do sangradouro e eventualmente complementadas com extração em pedra estudada, na ombreira direita, a 1,5 km à jusante do eixo. Como proteção do talude de jusante ou transições de uma barragem de terra idealizou-se uma camada do tipo brita corrida, também originária da mesma rocha granítica.

Blocos aflorantes, situados a 200m a jusante do eixo, foram investigados para possível fonte pétreo porém, a distancia pouco segura para o eixo e a necessidade de desapropriação foram fatores que levaram à desconsideração desse local como fonte adequada de material.

#### 4.4.5. Estudos Topográficos

Com apoio da carta topográfica planialtimétrica na escala 1: 20.000 e com as observações de campo, escolheu-se um eixo com uma deflexão para montante na ombreira direita e uma deflexão para jusante na ombreira esquerda, de forma a melhor se ajustar ao relevo topográfico do local. Nesse eixo foram nivelados todos os pontos notáveis do terreno e pontos a cada 20 m, a partir de cotas transportadas de uma referência de nível do IBGE.

Os dados de locação e nivelamento encontram-se apresentados no Volume 3 - Estudos Topográficos, e o resumo das cotas dos pontos encontram-se no quadro 4.14, mostrado a seguir:

**Quadro 4.14 - Altimetria do Eixo do Açude Fronteiras**

ESTACA	COTA	ESTACA	COTA	ESTACA	COTA
-14	118,721	12+17,0	86,374	41	95,812
-13	117,282	13	86,367	42	96,689
-12	114,514	13+13,0	87,429	43	97,558
-11	108,924	14	86,305	44	97,753
-10	106,805	15	86,532	45	98,546
-9	104,370	16	85,872	46	
-8+9,0	102,019	17	85,701	47	101,211
-8	102,991	18	85,130	48	101,846
-7	101,604	19	86,024	49	102,831
-6+16,0	100,038	20	86,769	50	103,606
-6	102,179	21	84,713	51	104,038
-5	105,042	22	84,272	52	104,369
-4	105,874	23	83,307	53	104,557
-3	105,874	24	87,329	54	104,430
-2	106,051	25	87,029	55	104,496
-1	106,471	26	87,416	56	104,819
0	106,000	27	86,704	57	104,531
1	102,624	28	87,177	58	104,123
2	99,417	29	87,693	59	104,363
3	95,922	30	88,337	60	104,828
4	92,596	31	89,366	61	104,628

ESTACA	COTA	ESTACA	COTA	ESTACA	COTA
5	90,827	32	90,121	62	103,390
6+15,50	88,803	33	90,861	63	101,713
7+5,0	87,522	34	91,408	64	101,505
8	87,093	35	92,507	65	101,453
9	87,167	36	93,403	66	101,212
10	86,272	37	91,196	67	101,510
10+12,0	86,456	38	92,245	68	102,553
11	85,871	39	93,935	69	103,897
12	84,629	40	95,062	70	104,367

Com base nas curvas de nível da restituição aerofotogramétrica determinou-se as áreas e respectivos volumes de acumulação, que são apresentados na curva cota x área x volume da prancha FT- 01 do Volume 2 – Anteprojeto das Obras.

#### 4.4.6. Estudos Hidrológicos

Os estudos hidrológicos do açude Fronteiras buscaram a estimativa da cheia afluyente ao açude para o dimensionamento do sangradouro. Considerou-se que a cheia de 1000 anos de período de recorrência (TR) seria a mais indicada para a segurança admissível.

Como há ausência de dados fluviográficos na região, optou-se por utilizar modelos sintéticos chuva x vazão, transpondo-se para a chuva o período de recorrência de 1000 anos.

O modelo escolhido, pela larga utilização e bons resultados que têm sido obtidos na hidrologia no semi-árido, foi o modelo do SCS (Soil Conservation Service dos EUA). Para laminação das cheias nos reservatórios utilizou-se o método de Puls.

O programa computacional utilizado para o cálculo das cheias foi o HEC-1 (Hydrologic Engineering Center – US Army Corps of Engineers).

A seguir serão descritos os resultados passo a passo.

### – Dados Físicos da Bacia do Açude

O Açude Fronteiras localiza-se a jusante dos açudes Carnaubal, Flor do Campo, Realejo, Barra Velha, Jaburu II e Sucesso, e controla uma bacia de 5869 km<sup>2</sup> à jusante desses açudes. Os principais dados físicos da bacia são:

Área: 5.969 km<sup>2</sup>

Cota do Leito do Rio no Barramento (Cl): 245 m

Cota Máxima no ponto mais à montante da bacia(Cm): 870 m

Comprimento do talvegue principal: 153 km

Tempo de Concentração(Tc) : 27 h

$$Tc (h) = 0,39 \times (L^2 / S)^{0,38}$$

Sendo S = Cm-Cl

### – - Chuvas Intensas na Bacia do Açude

Para elaborar o estudo de chuvas intensas do açude Fronteiras utilizou-se um conjunto de postos da bacia do açude e que possuem bom período de dados.

A chuva na bacia hidrográfica foi estimada como a ponderação da chuva em cada estação pelos coeficientes dos polígonos de Thiessen.

As estações utilizadas e os coeficientes de Thiessen estão no quadro a seguir.

Estação	Código da SUDENE	Coefficiente de Thiessen
Sucesso	2798896	0,2354
Ibiapaba	3708115	0,1022
Novo Oriente	3708964	0,2051
Independência	3709736	0,2803
Coutinho	3718666	0,1769

Na Figura 4.8 pode-se visualizar as estações, os polígonos de Thiessen e os açudes de montante.

Extraíu-se dos dados diários da estação os valores máximos anuais de 1 dia, 2 dias e 3 dias de chuva. Esses valores encontram-se nos Quadros 4.15 a 4.19 a seguir. Esses dados foram submetidos a uma análise estatística, aplicando-se diversas distribuições e verificando-se a que melhor se adaptou aos dados observados.

Desse ajuste obteve-se a chuva de 1 dia de duração e 1000 anos de TR, após aplicar-se os polígonos de Thiessen. Pode-se observar os resultados do ajuste a seguir, nos Quadros 4.20 a 4.24.

Como o tempo de concentração da bacia do açude é maior que 24 horas, foi determinada a relação intensidade x duração x frequência para as primeiras 24 horas de chuva e em seguida para o segundo dia de chuva. O processo de determinação é descrito a seguir, baseado na metodologia do Prof. Taborga Torrico (Práticas Hidrológicas). Utilizou-se, para o Fronteiras, chuva com 48 h de duração.

Devido à dimensão da bacia hidrográfica do Fronteiras, e ao fato de estar-se aplicando o hietograma de 1000 anos de TR em toda a bacia, fez-se necessário uma redução do valor das chuvas de 24h e 48h de duração como função da área da bacia.

A chuva em uma estação pluviométrica é pontual, e possui uma influência em uma área estimada em 25 km<sup>2</sup>. Para a transformação de chuva pontual em chuva para toda a bacia utilizou-se a seguinte equação:

$$P_a / P_o = [1 - W \log(A/A_0)] = 0,61$$

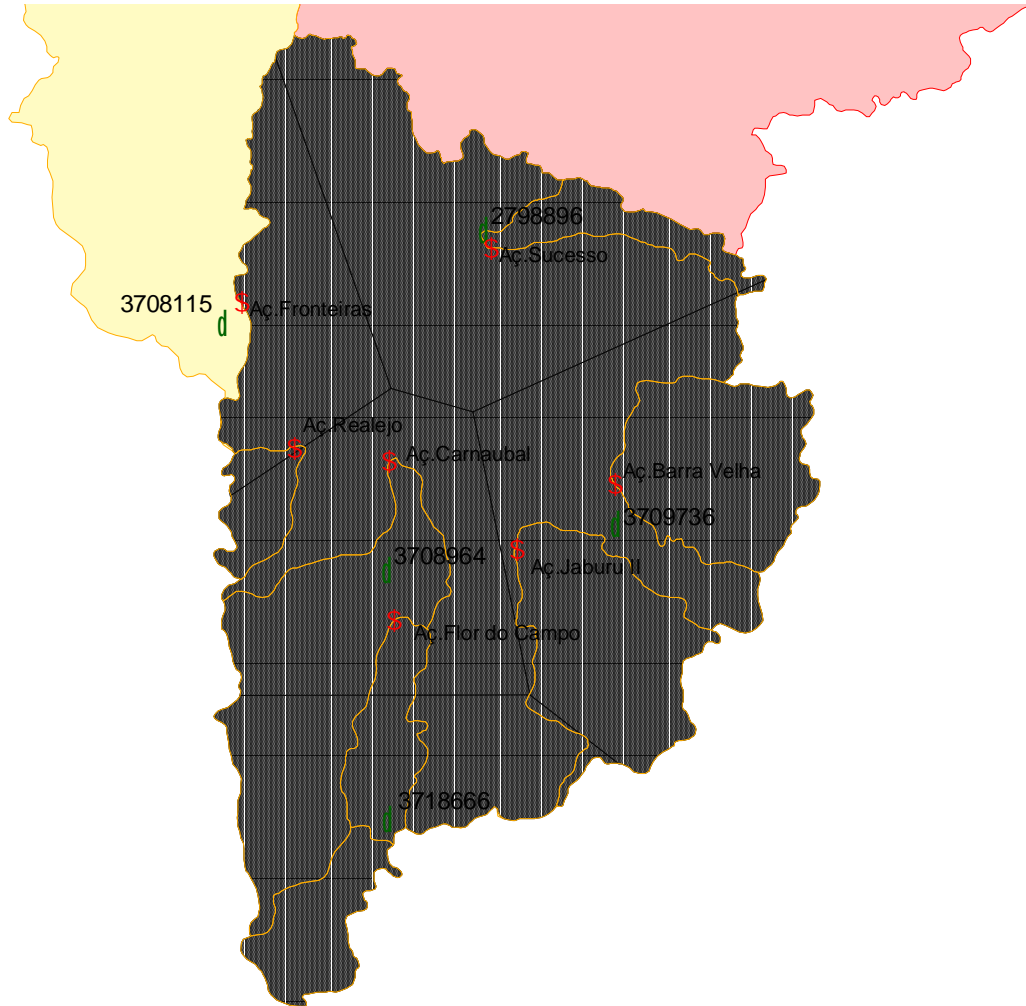
Onde:

W - coeficiente regional para zonas áridas e semi-áridas = 0,15









A - Área da bacia total = 10.230 km<sup>2</sup>

A<sub>0</sub> - Área base para a chuva pontual = 25 km<sup>2</sup>

Figura 4.8: Açude Fronteiras com as localizações das Estações Pluviométricas e Respetivos Polígonos Thiessen



Legenda

-  Açudes Existentes e Propostos
-  Hidrografia
-  Estações Pluviométricas
-  Polígonos de Thiessen
-  Limites Bacias Hidrográficas dos Açudes
-  Bacia do Acaraú
-  Bacia do Coreaú
-  Bacia do Poti





MONTGOMERY WATSON



Quadro 4.15  
POSTO :2798896

ANO	MAXIMAS PRECIPITACOES ANUAIS		
	1 DIA	2 DIAS	3 DIAS
1920	67.80	83.70	113.10
1921	64.00	76.90	81.70
1922	65.70	111.90	118.80
1923	62.70	73.70	84.50
1924	66.40	85.90	114.40
1925	41.50	62.70	70.80
1926	70.00	98.30	110.70
1927	65.20	84.80	97.90
1928	86.00	106.00	135.90
1930	85.50	135.00	146.50
1931	110.00	119.00	121.00
1932	80.00	105.00	105.00
1933	44.40	76.10	76.10
1934	72.00	88.30	103.30
1935	56.00	90.00	104.00
1936	60.30	96.40	106.70
1937	78.90	90.70	92.20
1938	95.50	95.50	143.00
1939	50.50	57.20	63.80
1940	111.00	121.20	127.70
1941	92.00	117.00	130.50
1942	72.00	100.00	120.00
1943	53.50	60.50	62.00
1944	58.70	58.70	61.80
1945	125.80	182.80	186.30
1946	77.00	77.00	85.00
1947	73.40	88.40	88.40
1948	116.00	193.50	268.50
1949	53.00	73.80	90.80
1950	102.50	109.50	133.00
1951	56.50	78.00	91.50
1952	46.00	46.00	46.00
1953	87.50	87.50	93.00
1954	81.00	83.00	102.00
1955	47.50	47.50	65.00
1956	85.40	131.70	131.70
1957	68.00	107.00	131.00
1958	72.00	72.00	72.00
1959	73.00	85.00	85.00
1960	65.00	91.00	140.00
1961	79.00	133.00	198.00
1962	64.00	85.00	85.00
1963	95.00	101.40	107.80
1964	80.80	88.00	130.00
1965	80.40	116.10	121.10
1966	83.00	83.00	101.00
1967	80.00	140.90	191.80
1968	84.30	97.40	105.00
1969	73.80	96.10	98.50
1970	69.70	81.50	81.50
1971	86.20	145.50	145.50
1972	60.30	75.20	75.20
1973	79.90	92.40	111.50
1974	98.00	132.40	134.40
1975	75.20	85.50	85.50
1976	52.00	62.70	71.80
1977	85.30	99.40	119.40
1979	46.30	62.20	73.20
1980	75.30	93.20	103.10
1981	60.30	102.30	111.70
1982	52.20	100.80	100.80
1983	28.50	38.80	46.80
1984	50.30	61.00	90.80
1985	98.00	110.30	143.00
1986	65.10	90.80	105.60
1987	49.30	49.30	89.30
1988	59.00	84.00	113.00



MONTGOMERY WATSON



Quadro 4.16  
POSTO :3708115

ANO	MAXIMAS PRECIPITACOES ANUAIS		
	1 DIA	2 DIAS	3 DIAS
1921	69.00	69.00	83.30
1922	75.30	98.30	121.80
1923	84.20	84.20	86.70
1924	128.40	181.80	181.80
1925	65.20	92.80	103.10
1926	88.00	88.00	130.20
1927	87.00	104.00	146.00
1928	129.00	136.00	139.00
1929	148.00	148.00	148.00
1930	65.30	115.80	129.00
1931	128.30	128.30	128.30
1932	35.00	35.00	35.00
1933	47.80	60.30	96.30
1934	61.00	103.80	122.80
1935	66.00	71.90	76.20
1936	39.00	65.30	65.30
1937	88.50	88.50	111.50
1938	54.80	71.90	97.30
1939	91.40	96.00	161.60
1940	102.00	110.20	110.30
1941	37.50	51.90	68.00
1942	73.50	92.30	92.30
1943	93.70	121.80	141.50
1944	113.00	119.40	137.40
1945	108.50	123.50	154.50
1946	62.00	71.70	81.00
1949	75.00	95.00	135.00
1950	50.00	70.00	86.60
1952	44.00	46.50	65.50
1953	94.00	94.00	118.00
1954	91.20	98.20	140.50
1955	79.20	81.80	81.80
1956	70.20	70.20	74.20
1957	77.00	103.50	173.70
1959	38.30	42.80	64.30
1960	90.30	90.70	131.90
1961	75.20	91.00	103.20
1962	64.30	86.50	115.60
1963	52.60	63.90	83.00
1964	42.10	69.30	105.70
1965	42.00	48.50	55.50
1966	91.40	119.70	146.40
1967	95.20	114.50	125.00
1968	52.60	86.10	107.50
1969	78.50	126.80	127.00
1970	205.30	215.50	215.50
1971	60.20	95.50	105.60
1972	64.00	76.90	76.90
1973	105.20	125.30	135.80
1974	89.00	121.00	170.00
1975	44.20	44.20	63.30





MONTGOMERY WATSON



Quadro 4.17  
POSTO : 3708964

MAXIMAS PRECIPITACOES ANUAIS

ANO	1 DIA	2 DIAS	3 DIAS
1934	45.30	57.00	72.30
1935	70.00	75.10	75.10
1936	60.00	75.40	75.40
1937	108.10	111.00	111.00
1939	65.60	89.90	99.90
1940	109.30	138.30	138.30
1941	56.00	56.00	80.70
1942	68.00	75.00	85.90
1943	68.20	68.20	112.70
1944	111.00	111.00	125.20
1945	74.20	109.70	109.70
1946	56.20	56.20	80.20
1949	45.00	45.00	66.30
1950	63.00	63.00	77.20
1952	23.30	34.20	34.20
1953	43.20	43.20	43.20
1954	44.20	44.20	70.70
1955	93.20	93.20	93.20
1957	139.00	232.40	254.30
1958	80.30	80.30	80.30
1959	43.60	43.60	54.80
1960	31.10	40.50	50.90
1962	80.00	80.00	80.00
1963	120.50	133.90	158.40
1964	98.60	149.30	151.90
1965	59.50	59.50	92.20
1966	203.50	226.20	263.90
1967	75.80	134.40	141.40
1968	70.70	95.80	100.00
1969	70.10	88.60	108.20
1970	60.00	78.70	78.70
1971	92.50	104.50	137.50
1972	70.40	70.40	135.40
1973	60.00	61.10	85.20
1974	64.50	90.70	109.10
1976	60.20	63.40	76.80
1978	89.30	89.30	140.50
1979	112.20	112.20	112.20
1980	83.40	102.40	102.40
1981	70.40	70.40	70.40
1982	40.30	45.50	53.00
1983	65.20	79.80	98.00
1984	86.40	86.40	97.40
1985	124.00	144.00	198.00
1986	80.00	80.00	81.00
1987	73.00	73.00	98.00
1988	66.00	81.00	108.00



MONTGOMERY WATSON



Quadro 4.18  
POSTO :3709736

MAXIMAS PRECIPITACOES ANUAIS

ANO	1 DIA	2 DIAS	3 DIAS
1912	60.70	67.80	99.20
1913	123.10	130.50	174.90
1914	36.20	38.00	45.50
1915	76.80	102.80	103.00
1916	54.00	92.10	109.70
1917	62.60	93.30	140.80
1918	33.10	58.30	58.30
1919	68.50	68.50	68.90
1920	70.50	72.30	101.80
1921	48.30	60.40	71.10
1922	72.20	87.10	93.40
1923	67.20	92.70	95.20
1924	120.20	125.70	132.30
1925	38.20	43.30	44.60
1926	56.40	92.40	124.20
1927	40.20	46.70	72.10
1928	71.90	79.10	93.20
1929	71.60	108.60	119.20
1930	73.70	121.40	161.90
1931	51.20	54.70	61.20
1932	64.20	68.20	68.20
1933	78.50	109.20	109.70
1934	62.20	77.80	118.10
1936	76.80	86.20	92.60
1937	85.00	118.00	118.00
1938	49.00	67.30	82.60
1939	73.30	96.30	96.30
1940	93.00	93.00	97.70
1941	55.80	75.40	90.00
1942	35.20	35.20	40.30
1943	62.30	91.00	92.40
1944	51.30	55.90	60.90
1945	53.00	61.60	72.50
1946	54.00	57.00	72.50
1948	70.00	85.80	85.80
1949	55.00	91.90	99.10
1950	106.00	106.00	106.00
1952	71.00	73.30	73.30
1953	51.00	51.00	51.00
1954	60.00	60.00	62.30
1955	43.00	53.00	63.00
1956	61.00	61.00	64.00
1957	97.00	152.00	224.00
1958	116.00	116.00	116.00
1959	75.00	82.00	82.00
1960	123.00	164.00	189.00
1961	76.00	101.00	101.00
1962	41.20	66.00	66.00
1963	61.00	115.00	115.00
1964	130.00	133.20	141.00
1965	105.00	181.00	206.00
1966	55.00	104.00	104.00
1967	63.00	77.00	87.00
1968	85.00	103.50	109.50
1969	70.00	80.00	82.00
1970	32.00	32.00	39.60
1985	100.00	130.00	155.00



MONTGOMERY WATSON



Quadro 4.19  
POSTO :3718666

MAXIMAS PRECIPITACOES ANUAIS

ANO	1 DIA	2 DIAS	3 DIAS
1934	46.60	55.20	55.40
1935	49.90	85.20	112.00
1936	44.40	62.80	76.40
1938	82.70	82.70	82.70
1939	52.00	59.50	69.20
1940	72.90	86.90	110.90
1941	67.30	83.50	108.00
1942	146.00	195.50	195.50
1943	140.50	168.00	183.00
1944	140.50	168.00	183.00
1946	125.50	181.70	186.00
1947	60.20	95.70	106.20
1948	115.50	126.70	128.00
1949	60.20	65.50	93.70
1950	88.80	88.80	99.30
1951	65.80	65.80	65.80
1952	45.50	56.00	56.00
1953	56.00	56.00	56.00
1954	47.50	53.60	63.80
1955	72.00	72.00	72.00
1956	96.00	106.00	116.00
1957	85.00	95.00	125.50
1958	35.00	35.00	35.00
1959	45.30	60.30	85.70
1961	80.40	108.60	108.60
1962	72.50	72.50	72.50
1963	92.00	132.20	132.20
1965	76.00	110.40	117.90
1966	94.30	113.20	162.30
1967	74.30	115.40	139.00
1968	78.00	108.20	108.20
1969	72.20	117.70	145.90
1970	47.00	47.00	47.00
1971	70.00	91.10	93.90
1972	52.70	75.70	81.00
1973	58.00	89.80	109.80
1974	69.40	101.90	135.20
1975	73.60	73.60	73.60
1976	80.40	118.50	181.50
1977	68.00	68.00	68.00
1978	136.00	164.20	168.30
1979	68.00	68.00	73.00
1980	76.20	76.20	76.20
1981	123.20	130.20	139.50
1982	38.00	55.00	55.10
1983	72.10	77.30	101.50
1984	90.20	94.00	94.00
1985	103.40	103.40	103.60
1986	68.40	90.30	113.80



Quadro 4.20 - Estudo Estatístico de Chuvas Máximas do Posto 2798896

SAMPLE SIZE = 67

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 72.39 STD. DEV. = 18.97 COEF. OF SKEW = .4242

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.24714 STD. DEV. = .27150 COEF. OF SKEW. = -.4535

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.84451 STD. DEV. = .11791 COEF. OF SKEW. = -.4520

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	72.39	69.91	71.08	69.39	66.96	71.06	71.35
2.33	75.79	73.39	74.47	72.79	70.30	74.47	74.81
5.00	88.46	87.98	87.89	87.57	86.86	87.95	88.29
10.00	96.95	99.34	97.61	99.61	103.20	97.68	97.70
20.00	104.04	109.95	106.21	111.16	121.74	106.25	105.73
50.00	112.14	123.47	116.59	126.11	150.79	116.56	115.02
100.00	117.63	133.54	123.98	137.31	177.00	123.85	121.33
200.00	122.71	143.63	131.11	148.47	207.66	130.86	127.17
500.00	128.98	157.11	140.27	163.20	256.37	139.79	134.33
1000.00	133.45	167.49	147.06	174.33	300.64	146.38	139.39



MONTGOMERY WATSON



Quadro 4.20 - Estudo Estatístico de Chuvas Máximas do Posto 2798896 (cont)

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	FREQUENCY DISTRIBUTION						
		TRUNCATED NORMAL ( mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	TYPE I EXTREMAL ( mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL ( mm)	PEARSON TYPE III ( mm)	LOG PEARSON TYPE III ( mm)
0	.00000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.12500	50.57	51.15	51.21	51.76	52.03	50.35	51.77
2	.25000	59.60	58.21	59.05	58.26	57.11	58.12	57.83
3	.37500	66.35	64.11	65.25	63.82	61.83	64.31	63.20
4	.50000	72.39	69.91	71.08	69.39	66.96	70.13	68.72
5	.62500	78.44	76.22	77.17	75.62	73.21	76.21	75.03
6	.75000	85.19	83.95	84.30	83.49	81.94	83.34	83.18
7	.87500	94.22	95.53	94.41	95.81	97.73	93.43	96.29
8	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		1.657	1.657	1.418	2.612	6.672	.701	3.567

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =14.070

RETURN PERIOD (YRS)	LOG PEARSON TYPE III WITH WEIGHTED REGIONAL SKEW (mm)
2.00	70.55
2.33	74.04
5.00	88.17
10.00	98.67
20.00	108.10
50.00	119.62
100.00	127.89
200.00	135.89
500.00	146.20
1000.00	153.86



Quadro 4.21 - Estudo Estatístico de Chuvas Máximas do Posto 3708115

SAMPLE SIZE = 51

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 78.67 STD. DEV. = 31.95 COEF. OF SKEW = 1.4428

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.29201 STD. DEV. = .38455 COEF. OF SKEW. = .1016

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.86400 STD. DEV. = .16701 COEF. OF SKEW. = .1016

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	78.67	73.11	72.42	73.66	68.83	71.43	72.64
2.33	84.41	78.33	77.60	79.49	73.83	76.75	77.84
5.00	105.80	101.34	100.89	104.82	100.15	101.10	101.14
10.00	120.17	120.47	120.77	125.45	128.37	121.83	120.99
20.00	132.23	139.28	140.66	145.24	162.90	142.20	140.90
50.00	146.06	164.50	167.84	170.86	221.72	169.21	168.21
100.00	155.47	184.23	189.45	190.06	279.33	189.96	190.04
200.00	164.24	204.74	212.21	209.18	351.63	211.12	213.16
500.00	175.10	233.33	244.37	234.42	476.39	239.88	246.06
1000.00	182.89	256.26	270.50	253.49	599.29	262.32	273.00



MONTGOMERY WATSON



Quadro 4.21 - Estudo Estatístico de Chuvas Máximas do Posto 3708115 (cont)

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL ( mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	TYPE I EXTREMAL ( mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL ( mm)	PEARSON TYPE III ( mm)	LOG PEARSON TYPE III ( mm)
0	.00000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.14286	44.56	48.50	48.61	45.28	48.92	49.64	48.56
2	.28571	60.59	58.81	58.45	57.39	56.59	58.78	58.57
3	.42857	72.92	68.22	67.60	68.14	64.41	68.03	67.81
4	.57143	84.43	78.35	77.62	79.54	73.88	78.60	77.88
5	.71429	96.76	90.89	90.23	93.53	87.42	92.19	90.50
6	.85714	112.79	110.23	110.08	114.99	113.19	113.58	110.33
7	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		5.412	2.667	3.216	2.392	9.804	3.765	2.667

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =12.596

RETURN PERIOD (YRS)	LOG PEARSON TYPE III WITH WEIGHTED REGIONAL SKEW ( mm)
2.00	72.15
2.33	77.33
5.00	100.89
10.00	121.47
20.00	142.53
50.00	172.08
100.00	196.21
200.00	222.23
500.00	260.07
1000.00	291.70



MONTGOMERY WATSON



Quadro 4.22 - Estudo Estatístico de Chuvas Máximas do Posto 3708964

SAMPLE SIZE = 47

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 76.05 STD. DEV. = 31.20 COEF. OF SKEW = 1.6544

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.25728 STD. DEV. = .39022 COEF. OF SKEW. = -.1387

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.84891 STD. DEV. = .16947 COEF. OF SKEW. = -.1387

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	76.05	70.62	69.39	71.17	66.44	68.08	71.26
2.33	81.65	75.74	74.31	76.90	71.37	73.12	76.40
5.00	102.55	98.37	96.90	101.77	97.42	96.93	98.59
10.00	116.61	117.29	116.72	122.03	125.51	117.89	116.52
20.00	128.42	135.95	137.01	141.46	160.05	138.93	133.70
50.00	141.99	161.11	165.37	166.62	219.23	167.35	156.11
100.00	151.24	180.87	188.38	185.47	277.52	189.52	173.19
200.00	159.87	201.50	213.01	204.25	351.01	212.37	190.56
500.00	170.59	230.40	248.48	229.02	478.55	243.79	214.16
1000.00	178.28	253.68	277.82	247.75	604.86	268.55	232.61





MONTGOMERY WATSON



Quadro 4.22 - Estudo Estatístico de Chuvas Máximas do Posto 3708964

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	FREQUENCY DISTRIBUTION						
		TRUNCATED NORMAL ( mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	TYPE I EXTREMAL ( mm)	TYPE I LOG- EXTREMAL ( mm)	PEARSON TYPE III ( mm)	LOG PEARSON TYPE III ( mm)
0	.00000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.14286	42.74	46.56	47.46	43.30	46.88	48.24	46.67
2	.28571	58.39	56.62	56.39	55.19	54.40	55.92	56.33
3	.42857	70.43	65.83	64.87	65.75	62.08	64.20	65.31
4	.57143	81.66	75.76	74.32	76.95	71.42	74.07	75.15
5	.71429	93.70	88.07	86.45	90.68	84.80	87.18	87.58
6	.85714	109.35	107.11	105.96	111.75	110.38	108.43	107.29
7	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		17.489	7.362	9.149	8.255	11.234	11.830	7.957

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =12.596

RETURN PERIOD  (YRS)	LOG PEARSON TYPE III WITH WEIGHTED REGIONAL SKEW ( mm)
2.00	70.43
2.33	75.54
5.00	98.30
10.00	117.50
20.00	136.61
50.00	162.61
100.00	183.22
200.00	204.90
500.00	235.52
1000.00	260.42



MONTGOMERY WATSON



Quadro 4.23 - Estudo Estatístico de Chuvas Máximas do Posto 3709736

SAMPLE SIZE = 57

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 69.06 STD. DEV. = 23.92 COEF. OF SKEW = .8484

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.17832 STD. DEV. = .33976 COEF. OF SKEW. = .0193

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.81462 STD. DEV. = .14755 COEF. OF SKEW. = .0206

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL ( mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	TYPE I EXTREMAL ( mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL ( mm)	PEARSON TYPE III ( mm)	LOG PEARSON TYPE III ( mm)
2.00	69.06	65.26	65.94	65.29	61.85	65.74	65.18
2.33	73.35	69.35	70.10	69.62	65.78	69.97	69.28
5.00	89.35	87.05	87.52	88.45	85.94	87.71	87.02
10.00	100.09	101.39	101.12	103.78	106.85	101.47	101.46
20.00	109.07	115.19	113.84	118.49	131.67	114.19	115.41
50.00	119.36	133.32	130.08	137.53	172.54	130.20	133.82
100.00	126.35	147.23	142.24	151.79	211.29	141.97	147.99
200.00	132.85	161.47	154.45	166.01	258.55	153.61	162.55
500.00	140.88	180.97	170.83	184.76	337.45	168.92	182.57
1000.00	146.63	196.35	183.49	198.93	412.70	180.53	198.41



MONTGOMERY WATSON



Quadro 4.23 - Estudo Estatístico de Chuvas Máximas do Posto 3709736 (cont.)

		FREQUENCY DISTRIBUTION						
CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL ( mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	TYPE I EXTREMAL ( mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL ( mm)	PEARSON TYPE III ( mm)	LOG PEARSON TYPE III ( mm)
0	.00000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.14286	43.52	45.40	44.95	44.20	45.84	44.30	45.39
2	.28571	55.52	53.84	54.06	53.19	52.09	53.20	53.78
3	.42857	64.75	61.38	61.96	61.18	58.35	61.11	61.30
4	.57143	73.37	69.37	70.11	69.66	65.81	69.38	69.27
5	.71429	82.60	79.09	79.79	80.05	76.28	79.23	79.00
6	.85714	94.60	93.79	93.96	96.00	95.68	93.63	93.77
7	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		5.754	8.702	5.263	8.702	5.018	8.702	8.702

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =12.596

RETURN PERIOD (YRS)	LOG PEARSON TYPE III WITH WEIGHTED REGIONAL SKEW ( mm)
2.00	64.77
2.33	68.85
5.00	86.84
10.00	101.87
20.00	116.72
50.00	136.76
100.00	152.55
200.00	169.08
500.00	192.30
1000.00	211.08



MONTGOMERY WATSON



Quadro 4.24 - Estudo Estatístico de Chuvas Máximas do Posto 3718666

SAMPLE SIZE = 49

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 77.05 STD. DEV. = 27.89 COEF. OF SKEW = .9566

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.28435 STD. DEV. = .34792 COEF. OF SKEW. = .1620

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.86067 STD. DEV. = .15110 COEF. OF SKEW. = .1615

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL ( mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	TYPE I EXTREMAL ( mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL ( mm)	PEARSON TYPE III ( mm)	LOG PEARSON TYPE III ( mm)
2.00	77.05	72.56	73.03	72.68	68.71	72.71	71.88
2.33	82.05	77.23	77.83	77.78	73.22	77.61	76.52
5.00	100.73	97.49	98.23	99.95	96.55	98.48	97.20
10.00	113.29	114.03	114.47	118.01	120.95	114.97	114.71
20.00	123.83	130.05	129.90	135.33	150.12	130.45	132.22
50.00	135.93	151.24	149.93	157.76	198.57	150.18	156.18
100.00	144.17	167.61	165.16	174.56	244.87	164.86	175.31
200.00	151.86	184.48	180.64	191.30	301.73	179.51	195.58
500.00	161.38	207.76	201.71	213.39	397.44	198.98	224.44
1000.00	168.22	226.26	218.22	230.08	489.45	213.88	248.11



Quadro 4.24 - Estudo Estatístico de Chuvas Máximas do Posto 3718666 (cont.)

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	FREQUENCY DISTRIBUTION						
		TRUNCATED NORMAL ( mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	TYPE I EXTREMAL ( mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL ( mm)	PEARSON TYPE III ( mm)	LOG PEARSON TYPE III ( mm)
0	.00000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.14286	47.27	50.04	49.26	47.84	50.40	50.29	50.17
2	.28571	61.26	59.59	59.48	58.44	57.52	60.45	59.27
3	.42857	72.03	68.15	68.46	67.85	64.69	69.66	67.59
4	.57143	82.07	77.24	77.84	77.83	73.26	79.41	76.60
5	.71429	92.83	88.35	89.10	90.07	85.35	91.16	87.83
6	.85714	106.82	105.19	105.83	108.85	107.89	108.54	105.36
7	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		5.429	6.286	3.714	9.714	9.429	4.571	10.857

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =12.596

RETURN PERIOD (YRS)	LOG PEARSON TYPE III WITH WEIGHTED REGIONAL SKEW ( mm)
2.00	71.49
2.33	76.12
5.00	97.00
10.00	115.06
20.00	133.43
50.00	159.05
100.00	179.89
200.00	202.29
500.00	234.78
1000.00	261.9

Para a transformação da chuva de 1 dia (221 mm) em chuva de 24 horas ( $P_{24h}$ ), multiplica-se a chuva de 1 dia por 1,10. Multiplica-se a chuva de 24h (243 mm) pelo redutor de área 0,61, obtendo-se  $P_{24h,A} = 148$  mm.

- A chuva de 1h de duração é determinada a partir da relação entre  $P_{24h}$  e  $P_{1h}$ . Essa relação é dada pela metodologia em função do tempo de concentração e da Isozona a que pertence a estação fluviométrica. Na Figura 4.2 pode-se observar o mapa de Isozonas. A Isozona do posto em questão é a E.
- Da mesma forma e usando o mesmo mapa e tabela das Isozonas determina-se a relação entre a chuva de 24h de duração e a chuva de 6 minutos de duração.
- No papel logaritmo plota-se os três valores ( $P_{24h}$ ,  $P_{1h}$  e  $P_{6min}$ ) e une-se os mesmos formando o gráfico da Figura 4.9.

Para outras durações de chuva pode-se retirar do gráfico o valor da precipitação.

Para a chuva de 48 horas calculou-se apenas o seu valor sem traçar o gráfico. Obteve-se  $P_{24h,2d} = 301$  mm. Multiplicado pelo fator de 0,61 para a redução de área, obtêm-se  $P_{24h,A} = 184$  mm.

No modelo HEC-1 entra-se com as chuvas na seguinte seqüência: 5 min, 15 min, 1h, 2h, 3h, 6h, 12h, 24h e 48h.

#### – Determinação do CN – Curve Number

O valor de CN tem que representar as condições de uso do solo e de tipo do solo da bacia hidrográfica estudada. Para estimativa do valor de CN utilizou-se o Mapa de Uso do Solo elaborado na fase de Diagnóstico pelo Consórcio a partir das imagens do satélite Landsat, além do mapa de tipo de solo do Plano Estadual dos Recursos Hídricos (SRH-1991) que classificou os solos segundo o SCS em solos do tipo A,B,C e D.

A metodologia para estimativa do CN constou do cruzamento, no SIG ArcView, dos mapas de tipo de solo e uso do solo, produzindo-se um mapa de CN para a bacia do Fronteiras e cada sub-bacia dos açudes de montante. Ponderando-se os valores de CN com as áreas em que ocorrem obteve-se o CN médio para cada sub-bacia hidrográfica.

O quadro a seguir mostra os valores de CN encontrados.

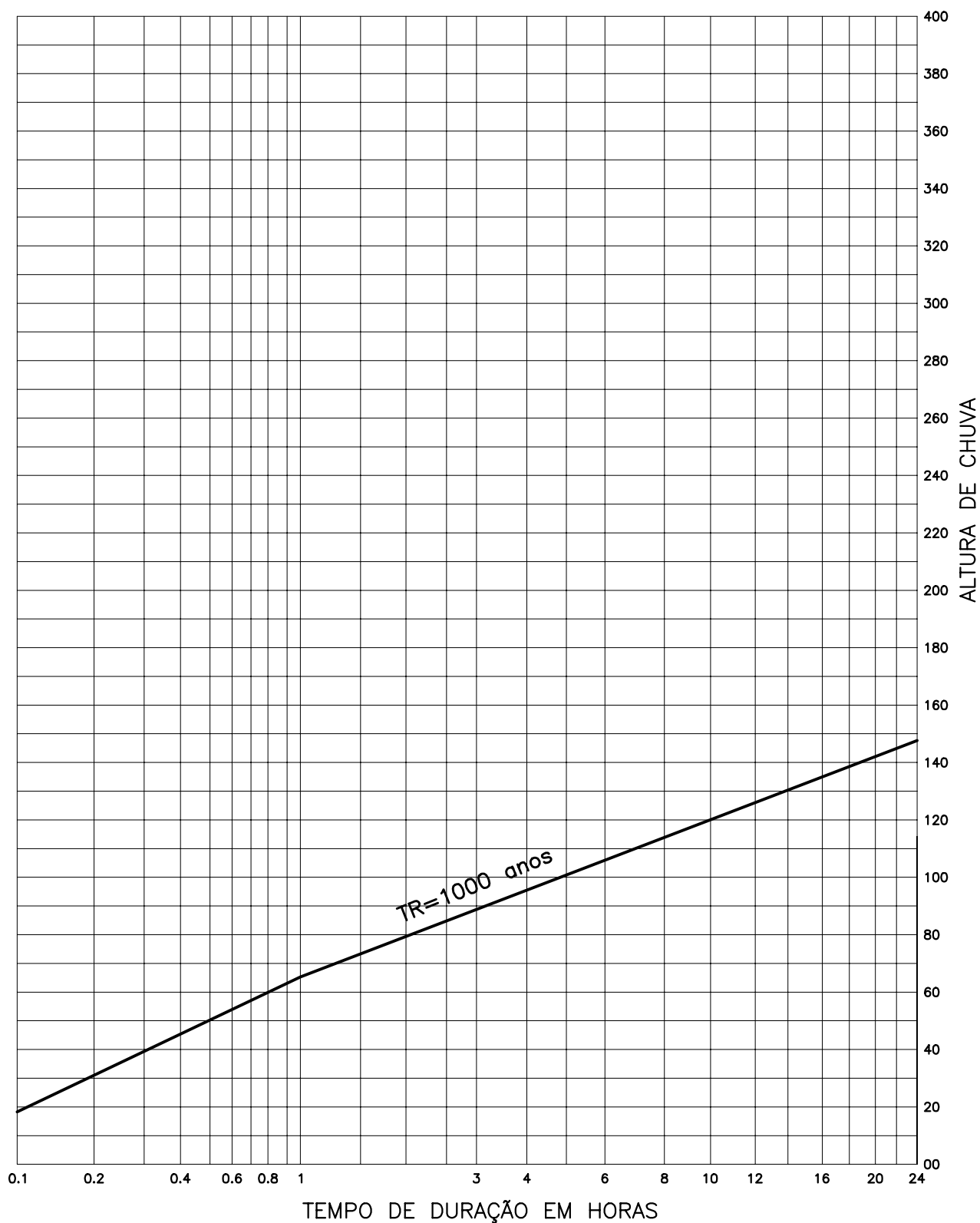
Bacia do Açude	CN
Fronteiras	84
Realejo	72
Barra Velha	88
Jaburu II	86
Carnaubal	78
Sucesso	89
Flor do Campo	82

#### – Cheia de Projeto e Vazão de Saída do Vertedouro

A cheia de projeto para o período de retorno de 1000 anos foi estimada para o açude Fronteiras da seguinte forma:

- Simulou-se a cheia nos açudes de montante e a laminação da mesma;
- Simulou-se a cheia afluente aos açude Carnaubal e Fronteiras;
- Somou-se os hidrogramas efluente do açude Flor do Campo e afluente ao açude Carnaubal e laminou-se o hidrograma resultante para obter-se o hidrograma efluente do Carnaubal.
- Somou-se os hidrogramas efluente dos açudes Carnaubal, Barra Velha, Sucesso, Jaburu II e Realejo e afluente ao açude Fronteiras e laminou-se o hidrograma resultante para obter-se o hidrograma afluente ao Fronteiras.
- Repetiu-se o procedimento para diversos tipos e dimensões de sangradouro para permitir a escolha do projetista.

Vale salientar que a soma dos hidrogramas é um processo simplificado. Na realidade, há uma atenuação do hidrograma efluente dos açudes de montante no trecho de rio entre os reservatórios, mas no nível do estudo (viabilidade) não é necessário tal precisão. Além disso, da forma como foi feito o estudo está à favor da segurança.



## BACIA DO AÇUDE FRONTEIRAS

FIGURA 4.9 – CURVAS PRECIPITAÇÃO–DURAÇÃO–FREQUÊNCIA  
MÉTODO DAS ISOZONAS



O resultado da metodologia é apresentado no quadro a seguir.

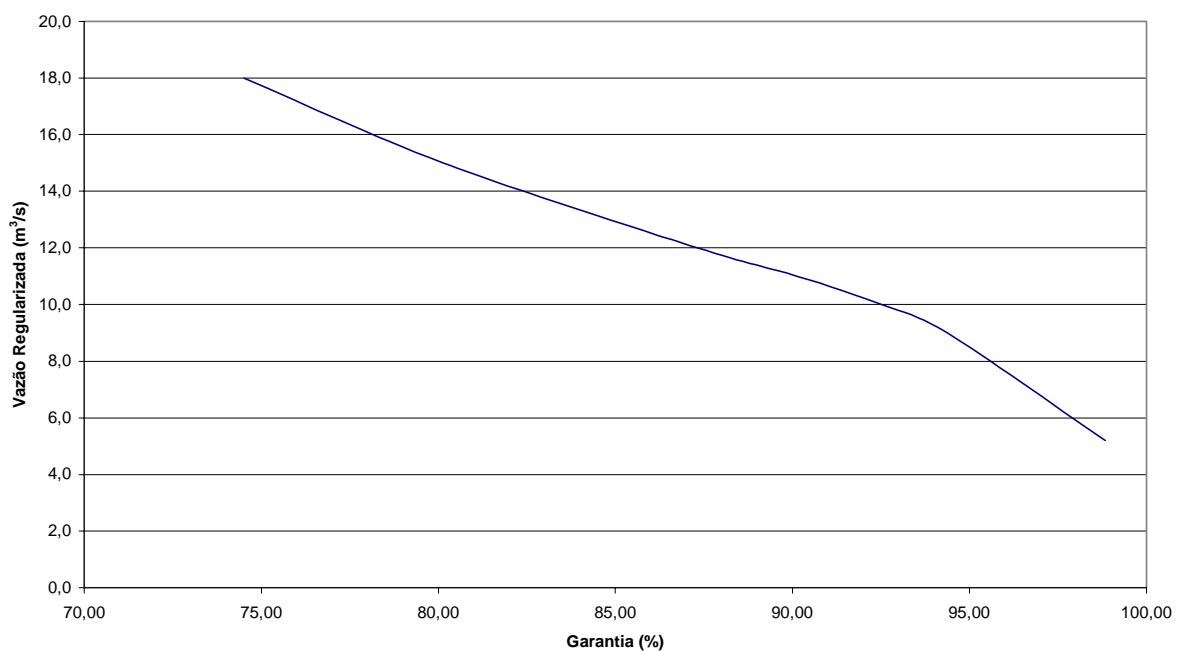
Vazão Máxima Afluente (TR-1000 Anos) = 8939 m<sup>3</sup>/s

<b>Canal Escavado em Rocha</b>		
<b>Largura do Sangradouro (m)</b>	<b>Vazão Efluente Máxima (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Lâmina Máxima de Sangria (m)</b>
200	2553	3,96
250	3039	3,78
300	3474	3,65
350	3864	3,53
<b>Vertedouro tipo Creager</b>		
<b>Largura do Sangradouro (m)</b>	<b>Vazão Efluente Máxima (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Lâmina Máxima de Sangria (m)</b>
200	3286	3,71
250	3844	3,53
300	4335	3,37
350	4766	3,23

#### – Curva de Regularização do Açude Fronteiras

Em complementação aos estudos hidrológicos, apresenta-se a seguir a curva de regularização para o açude Fronteiras.

Curva de Regularização do Açude Fronteiras



#### **4.4.7. Arranjo Geral das Obras**

Através da planta topográfica oriunda da restituição fotográfica, analisou-se altimetricamente a posição da linha férrea que transcorre pelo lado esquerdo da bacia, o início da zona urbana de Crateus e as rodovias federais pavimentadas que desenvolvem-se a partir de Crateus, para a escolha do nível máximo do reservatório de forma a não conflitar com esses pontos e ao mesmo tempo fornecer o maior volume de acumulação. A cota máxima escolhida para balizar os estudos foi a 269,00 m.

Com o boqueirão já escolhido, a cerca de 2 km à montante da sede do distrito da Ibiapaba, e com os estudos hidrológicos elaborados, verificou-se as dimensões para diversos tipos possíveis de sangradouro. De posse desses elementos procedeu-se a uma verificação da melhor localização a ser adotada para o elemento de sangria, que atendessem aos quesitos técnicos e econômicos.

Quanto a seção a ser adotada no maciço ponderou-se um confronto econômico entre as alternativas de barragem em terra homogênea e de gravidade em CCR, tendo como base os resultados qualitativos e quantitativos dos estudos geotécnicos, as distâncias das fontes de materiais e os volumes envolvidos em cada opção.

#### **4.4.8. Maciço**

##### **4.4.8.1. Alternativas de seção tipo**

Considerando as características do substrato rochoso da fundação, a espessura e componentes do pacote aluvionar, os condicionamentos topográficos do eixo do barramento e ombreiras as características geotécnicas e disponibilidade dos materiais de empréstimos, pedreiras e areal, foi eleita uma alternativa em terra para a seção tipo do maciço da barragem.

A seção tipo consiste de uma seção de terra homogênea em solo SC, dreno vertical de areia ligado a um tapete drenante de areia, dreno de pé tipo rock- fill, proteção do talude de montante com rip- rap de 0,90m de espessura, sobreposto a uma camada de transição em bica corrida com 0,45 m de espessura, e proteção do talude de jusante também em bica corrida porém, com espessura de 0,30 m. A borda livre sobre o nível máximo do reservatório foi calculada considerando um fetch de 18 km e uma altura de segurança de 0,47 m, obtendo-se para o coroamento a cota de 272,20 m.

Para o talude de montante foram adotadas inclinações de 2,0(H):1(V) entre o coroamento e a cota 265,00m, 2,5(H): 1(V) para o intervalo de cotas 265,00- 251,00 e 2,75(H): 1(V) abaixo da cota 251,00 m. No talude de jusante adotou-se taludes de 2(H): 1(V), entre o coroamento e a cota 261,60, 2,5(H): 1(V) abaixo da cota 261,60 e 1(V):1,5(H) no dreno de pé( abaixo da cota 251,00). Ao longo do talude de jusante foi indicada uma berma de drenagem na cota 261,60.

Essa seção ficou com uma altura máxima de 27,20 m, no leito do rio.

A drenagem do maciço será feita por um filtro do tipo chaminé com largura de 1,0 m e topo na cota 268,71 m, e por um filtro horizontal com espessura de 1,0 m, que a partir do filtro chaminé cobre toda a extensão de jusante até o rock- fill.

O rock- fill tem uma seção trapezoidal com 2,0 m de largura na cota 251,00 m e inclinação do talude de montante de 1,0 : 1,0 e de jusante de 1,5 : 1,0 (H:V).

Em toda a extensão do maciço foi projetada uma trincheira de vedação com 5 metros de largura na base, do tipo "cut- off", até atingir o substrato rochoso, portanto com profundidade máxima no trecho do rio, onde a camada aluvionar tem uma espessura próxima de 6,5 a 7,0 m.

Uma outra alternativa idealizada foi de uma barragem de gravidade em CCR, com largura de crista de 7,0 m e cota de coroamento 271,00, fundada diretamente no substrato rochoso, alcançando uma altura máxima de 34 m na calha do rio. O talude de montante foi considerado vertical e o de jusante vertical, entre o coroamento e a cota 261,66, e com inclinação 0,75 (H): 1(V) abaixo desta cota. O trecho vertedouro com largura de 200m foi locado na zona central do rio, com um salto de esqui próximo do pé de jusante(cota 243,50 m). Uma galeria de drenagem interna foi prevista a 5 m da face de montante da barragem, no trecho entre as estacas 3 e 39, com cota variável porém próxima da rocha da fundação. Considerou-se o CCR com um consumo de 80kg/m<sup>3</sup> de concreto e concreto da face de montante e no talude de jusante do vertedouro com consumo de 180 kg/m<sup>3</sup>.

#### **4.4.8.2. Maciço Escolhido**

A alternativa com maciço em terra, mostrou-se com menor custo de implantação, conforme planilhas apresentadas no item 4.4.12, e portanto foi escolhida para o desenvolvimento do anteprojeto.

Desta forma o maciço da barragem será de terra homogênea, com largura da crista de 7,0 m e cota 272,20 m. O talude de montante tem inclinações de 2,0(H):1(V) entre o coroamento e a cota 265,00m, 2,5(H): 1(V) no intervalo de cotas 265,00- 251,00 e 2,75(H): 1(V) abaixo da cota 251,00 m. No talude de jusante tem inclinações de 2(H): 1(V), entre o coroamento e a cota 261,60, 2,5(H): 1(V) abaixo da cota 261,60 e 1(V):1,5(H) no dreno de pé( abaixo da cota 251,00). O talude de jusante tem uma berma de drenagem na cota 261,60.

Ao longo de todo o maciço será escavada uma trincheira de vedação, com 5,0 m de base sobre a rocha de fundação, com taludes de 1,5(H) : 1,0(V). As características do maciço podem ser observadas no Volume 2 – Anteprojeto das Obras, na prancha FT- 09.

No eixo da trincheira será executada uma cortina de impermeabilização, composta de 3 linhas de injeções, com profundidade de  $2/3h$ , onde  $h$  é a coluna d'água no ponto a ser injetado. Os detalhes executivos dessa cortina são apresentados na prancha FT- 03.

A drenagem do maciço será feita por um filtro do tipo chaminé com largura de 1,0 m e topo na cota 268,71 m, e por um filtro horizontal com espessura de 1,0 m, que a partir do filtro chaminé cobre toda a extensão de jusante até o rock- fill.

O rock- fill tem uma seção trapezoidal com 2,0 m de largura na cota 251,00 m e inclinação do talude de montante de 1,0 : 1,0 e de jusante de 1,5 : 1,0 (H:V).

A proteção do maciço contra a ação das ondas do lago será feita por um rip- rap de 0,90 m de espessura sobreposto a uma transição com 0,45 m de brita corrida. Para proteção do talude de jusante contra chuvas e erosões será executada uma camada de brita corrida com 0,30 m de espessura.

#### **4.4.9. Sangradouro**

##### **4.4.9.1. Alternativas de localização e tipo**

A primeira opção de localização do sangradouro situa-se na ombreira direita em anexo ao maciço da barragem. Esse local, embora não apresente nenhuma depressão no relevo topográfico, tem como atrativo situar-se na margem oposta à sede do distrito de Ibiapaba e à linha férrea de ligação entre os estados do Ceará e Piauí.

Outra alternativa seria a localização do elemento de sangria numa sela topográfica na ombreira esquerda, também anexa ao maciço da barragem.

Em ambas as localizações do sangradouro tem-se as opções de sangria através de um canal de soleira espessa, com um perfil tipo Creager ou com um muro tipo labirinto.

#### 4.4.9.2. Sangradouro Escolhido

Optou-se pela localização do sangradouro na ombreira esquerda tendo em vista as seguintes razões:

- A linha férrea e a zona urbana do distrito de Ibiapaba ficarão próximos do caudal de sangria porém, não serão atingidos por ele;
- As escavações serão menores, principalmente para o canal de acesso, e poderão ser integralmente aproveitadas no corpo do maciço, inclusive o material terroso que compõe o empréstimo E- 01;
- A existência da sela topográfica facilita a restituição do caudal de sangria ao leito do rio;
- Os custos de implantação são menores.

Quanto ao tipo de sangradouro verificou-se que o muro com perfil Creager, em relação ao canal simples, permite um melhor ajuste do canal ao substrato rochoso da sela topográfica e propicia, para a mesma lâmina, menor largura. Um muro em formato de labirinto assente em rocha acarretaria numa estrutura de cerca de 4,0 metros de altura, com custo muito elevado. Por essas ponderações optou-se por um canal com um muro em perfil Creager.

O sangradouro em canal com muro de concreto em perfil tipo Creager, dimensionado para uma vazão milenar afluyente de 8.939 m<sup>3</sup>/s, tem uma largura de 200 m com uma extensão de cerca de 400 m, com uma lamina máxima de 3,71 m e cota de sangria na 265,00 m.

O canal à montante do muro Creager deverá ser escavado até a cota 263,00 m e à jusante deste muro, inclusive sua fundação, na cota 261,00 m, para redução dos volumes obrigatórios de escavação e garantia de resistência à erosão. Lateralmente ao Creager foram indicados muros laterais para contenção do maciço da barragem e proteção do talude de escavação.

A vazão máxima efluente desse canal foi calculada em 3.286 m<sup>3</sup>/s.

O volume de escavação quantificado para a construção desse canal são resumidos no quadro a seguir

TIPO DE MATERIAL ESCAVADO	UN	QUANTIDADE
Material de 1ª categoria (Solo)	m <sup>3</sup>	21.670,26
Material de 2ª categoria (Rocha alterada)	m <sup>3</sup>	14.446,84
Material de 3ª categoria (Rocha sã)	m <sup>3</sup>	187.320,36

#### 4.4.10. Tomada D'água

A tomada d'água foi projetada na estaca 34+ 5,00, situada na ombreira direita, onde as condições topográficas são mais favoráveis e onde não existe conflito com a descarga do vertedouro. Como a finalidade da barragem é a transferência de águas para o canal de integração, foi considerado no dimensionamento da tomada d'água a eventual possibilidade de conferir ao rio um fluxo igual a 30% da vazão regularizável do reservatório, calculada para uma garantia de 95% em 9,0 m<sup>3</sup>/s, ou seja 2,7 m<sup>3</sup>/s

A tomada d'água foi definida como uma galeria do tipo conduto forçado, com uma linha de diâmetro de 1200 mm e uma extensão de 105 m.

A montante da galeria foi projetado um canal de aproximação escavado na cota 251,50 m e uma caixa de entrada com grade de proteção do conduto. A jusante previu-se uma bacia de dissipação com cerca de 12,0 m, onde se encontram um registro de gaveta, uma válvula borboleta e um vertedor, seguida de um canal de fuga.

A estrutura da tomada d'água é apresentada na prancha FT-13 do Volume 2.

#### 4.4.11. Características Técnicas da Alternativa Escolhida

As principais características técnicas das obras do açude Fronteiras podem ser assim resumidas:

##### a) Localização:

- Rio barrado: Rio Poti
- Município: Crateus

- Estado: Ceará

#### **b) Características gerais:**

- Área de drenagem: 5.892 Km<sup>2</sup>
- Área do reservatório (cota = 265,0 m): 11.783 ha
- Volume morto do reservatório (cota = 251,91 m): 178,9 hm<sup>3</sup>
- Volume máximo do reservatório (cota = 265,00 m): 991,74 hm<sup>3</sup>
- N. A. máximo normal = 265,00 m
- N. A. máximo maximorum = 268,71 m
- N. A. mínimo operacional = 251,91 m

#### **c) Barragem Principal**

- Tipo = Terra homogênea
- Cota do Coroamento = 271,20 m
- Altura máxima = 27,20 m
- Comprimento da crista = 1.166,70 m
- Largura da crista = 7,00 m
- Volume de solo do maciço = 907.808,47 m<sup>3</sup>
- Volume de enrocamento = 14.590,16 m<sup>3</sup>
- Volume de rip- rap = 41.915,90 m<sup>3</sup>
- Volume de transição = 22.801,62 m<sup>3</sup>
- Volume de areia para filtro = 13.139,74 m<sup>3</sup>

#### d) Sangradouro

- Tipo = Canal com perfil Creager
- Cota da soleira = 265,00 m
- Largura = 200,00 m
- Vazão efluente = 3.286 m<sup>3</sup>/s
- Lâmina d'água máxima = 3,71 m

#### e) Tomada d'água

- Tipo = Conduto forçado
- Número de conduto = 1
- Diâmetro do conduto = 1200 mm
- Comprimento do conduto = 105 m
- Vazão regularizada (95%) = 9,0 m<sup>3</sup>/s (dimensionada p/2,7m<sup>3</sup>/s)

#### 4.4.12. Quantitativos e Custos

Nas páginas seguintes são apresentadas as planilhas de quantitativos e custos para as quatro alternativas de seção tipo estudadas. Os preços unitários foram obtidos na tabela da SRH (05/99), na tabela do DNOCS (08/99) e, para serviços não constantes destas, nas obras em andamento na SRH.

Sem considerar os custos das desapropriações, divulgação e mobilização- desmobilização obteve-se os seguintes preços totais para as alternativas estudadas

#### RESUMO DOS CUSTOS DAS ALTERNATIVAS ESTUDADAS

ALTERNATIVA	SEÇÃO TIPO	CUSTO DAS OBRAS	CUSTO DE PROJETO, SUPERVISÃO E EVENTUAIS	CUSTO TOTAL
Terra homogênea com proteção em rip- rap	I	26.409.877,08	1.656.394,92	<b>28.066.272,00</b>
Gravidade em CCR	II	31.931.368,72	1.656.394,92	<b>33.587.763,64</b>





MONTGOMERY WATSON

**EIXO: FRONTEIRAS**  
**SEÇÃO TIPO: TERRA HOMOGÊNEA****ORÇAMENTO**

Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>1.</b>	<b>TRABALHOS PREPARATÓRIOS:</b>					
1.1	Caminhos de Serviços com plataforma de 6,0m	km	DNOCS 1:01:511:2	5,00	1.436,59	7.182,95
1.2	Estrada de Acesso, faixa de domínio de 10,0m, greide colado, pista de rolamento de 6,0m e 0,15m de espessura, revestida em piçarra compactada, com valetas de drenagem, incluindo obras de arte e os aterros a estas associadas	km	DNOCS 1:01:530:2	2,50	14.459,13	36.147,83
1.3	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	m <sup>2</sup>	SRH - 01.01.01	1.113.969,68	0,07	77.977,88
1.4	Expurgo nas áreas de implant.da barragem e jazidas, c/bota-fora de até 0,30km, medido no corte	m <sup>3</sup>	SRH- 90.02.05	115.488,48	1,97	227.512,31
	<b>TOTAL DO ITEM 1</b>					<b>348.820,96</b>
<b>2.</b>	<b>BARRAGEM</b>					
<b>2.1</b>	<b>Fundação:</b>					
2.1.1	Escav., carga, transp. e descarga com bota-fora até 0,30km, em material de 1ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	30.812,43	2,28	70.252,34
2.1.2	Escav., carga, transp.e descarga com bota-fora até 0,30km em material de 2ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.52	2.750,81	2,76	7.592,24
2.1.3	Escav., carga, transp.e descarga com botra fora até 0,30 km em material de 3ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.04.04	54,42	16,75	911,54
2.1.4	Escav.,carga, transp.e descarga de material de 1ª categ.da fundação c/ rebaixamento do lençol frático e bota-fora de 0,30 km	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:540:2	3.326,86	43,22	143.786,89
2.1.5	Escavação carga, transporte e descarga de material de 2ª categoria da fundação c/ rebaixamento do lençol frático e bota-fora de 0,30 km	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:560:2	1.108,95	48,66	53.961,51
2.1.6	Perfur. para injeção de cimento, com equipamento rotoperussivo diâm. de 2 1/2"	m	Obras em execução	3.283,04	59,00	193.699,36
2.1.7	Perfuração com equipamento rotativo diâmetro NX, inclusive ensaios.	m	DNOCS 1:08:812:2	820,76	183,66	150.740,78
2.1.9	Fornecimento de cimento e aplic.de injeção para imperm. da rocha da fundação	kg	SRH - 20.15.08	205.190,00	0,80	164.152,00
<b>2.2</b>	<b>Maciço</b>					
2.2.1	Escav., carga, transp.e descarga de material de 1ª categoria das jazidas até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	1.089.370,16	2,28	2.483.763,96
2.2.2	Fornecimento, inclusive extração, carga, britagem, transp.até 0,30km, descarga, espalh.mecânico e arrumação manual de material de 3ª categoria para Rip - Rap	m <sup>3</sup>	SRH -20.45.06	41.915,90	25,45	1.066.759,66
2.2.3	Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e adensamento de areia para filtros	m <sup>3</sup>	SRH -20.20.10	57.180,83	12,44	711.329,53
2.2.4	Transporte complementar do material de 1ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:090:2	1.347.270,77	1,08	1.455.052,43
2.2.5	Espalh. umedecimento e compact. do material argiloso na barragem e fundação	m <sup>3</sup>	SRH - 20.40.02	907.808,47	1,17	1.062.135,91
2.2.6	Fornec.,inclusive extração,carga,britagem,transp.até 0,30km,descarga,e exec.da transição	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:281:2	22.801,62	34,40	784.375,73
2.2.7	Fornecimento, inclusive, extração, carga, britagem, transporte até 0,30km, descarga, espalhamento e compactação do enrocamento (Rock - Fill)	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:209/210/90/2	14.590,16	13,73	200.322,90
2.2.8	Fornecimento do revestimento para o talude de jusante, pedrisco ou cascalho, inclusive extração, carga, transporte, descarga espalhamento e compactação	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:281:2	13.139,74	10,32	135.602,12
2.2.9	Regularização manual e compatação dos taludes	m <sup>2</sup>	SRH -20.50.02	95.907,70	2,73	261.828,02
2.2.10	Transporte complementar do material de 3ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:110:2	82.683,87	1,29	106.662,19
<b>2.3</b>	<b>Drenagem</b>					
2.3.1	Concr.armado inclusive formas e ferro c/consumo de 300kg de cim. m <sup>3</sup> p/calha coletora e descida d'água	m <sup>3</sup>	SRH-90.30.20	187,11	516,08	96.563,73
2.3.2	Fornec.e assent.de meio-fio, concr.simples consumo de 300 kg/m <sup>3</sup> ,para o coroamento da barragem	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:07:040:3	105,43	496,84	52.381,84
2.3.3	Alvenaria de pedra no traço 1:3 de cimento e areia para canaletas das ombreiras	m <sup>3</sup>	SRH-12.12.10	53,80	106,87	5.749,61
	<b>TOTAL DO ITEM 2</b>					<b>9.207.624,27</b>
<b>3.</b>	<b>SANGRADOURO:</b>					
<b>3.1</b>	<b>Escavação:</b>					
3.1.1	Escav.,carga,transp. e descarga de material de 1ªcategoria c/transporte até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	21.670,26	2,28	49.408,19
3.1.2	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 2ª categoria c/bota-fora até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.52	14.446,84	2,76	39.873,28
3.1.3	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 3ª categoria c/ bota-fora até 0,30 km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.04.04	187.320,36	16,75	3.137.616,03
3.1.4	Concreto Estrutural muros laterais	m <sup>3</sup>	SRH - 90.30.20	292,55	516,08	150.979,20
3.1.5	Concreto Convencional de face para Creager	m <sup>3</sup>	SRH - 20.30.30/35	910,00	194,73	177.204,30
3.1.6	Concreto Ciclóptico para Creager	m <sup>3</sup>	SRH - 90.30.09	2.502,00	144,00	360.288,00
3.1.7	Concreto de Regularização com consumo de cimento de 200Kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	SRH - 90.30.03	224,00	151,77	33.996,48
	<b>TOTAL DO ITEM 3</b>					<b>3.949.365,49</b>



MONTGOMERY WATSON



EIXO: **FRONTEIRAS**  
SEÇÃO TIPO: **TERRA HOMOGÊNEA**

**ORÇAMENTO**

Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>4. TOMADA D'ÁGUA</b>						
<b>4.1 Escavação:</b>						
4.1.1	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 1ªcategoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.07.02	196,65	2,28	448,36
4.1.2	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 2ªcategoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.07.52	127,08	2,76	350,74
4.1.3	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 3ªcategoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.04.04	1.143,67	16,75	19.156,47
4.1.4	Reaterro lateral com compactação manual	m³	SRH - 15.18.02	802,70	8,74	7.015,60
<b>4.2 Canal de acesso</b>						
4.2.1	Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação do material do enrocamento	m³	SRH - 20.45.06	9,00	25,45	229,05
<b>4.3 Concreto:</b>						
4.3.1	Concreto armado com fck = 15 MPa para galeria, boca de montante e medidor de vazão inclusive ferro, forma e escoramento	m³	SRH - 90.30.20	698,05	516,08	360.249,64
4.3.2	Concreto armado fck = 15 MPa para caixa de saída	m³	SRH - 90.30.20	54,00	516,08	27.868,32
4.3.3	Concreto simples com consumo de cimento de 200kg/m³ para regularização	m³	SRH - 90.30.03	57,50	151,77	8.726,78
4.3.4	Alvenaria de pedra argamassada no traço 1:3 de cimento areia, inclusive forma	m³	SRH - 12.12.10	4,50	106,87	480,92
4.3.5	Fornecimento e assentamento de Junta de vedação Fungeband Tipo O-22	m	DNOCS-1:09:040:3	71,82	56,26	4.040,59
<b>4.4 Equipamento Hidráulico/Mecânico</b>						
4.4.1	Tubos de aço de Ø=1200mm	m		105,00	1.374,78	144.351,90
4.4.2	Registro de acionamento direto, volante e "by-pass"de 1200mm com redutor de engrenagem	ud		1,00	250.466,28	250.466,28
4.4.3	Comporta quadrada de 1200mm, fluxo único, mod. CQU, Barbará, com pedestal de suspensão simples, luvas para haste, 15,0m de haste de prolongamento 1 3/4" com mancais para guia	ud		1,00	70.713,46	70.713,46
4.4.4	Vertedouro em chapa de aço (fornecimento e montagem)	ud	Obras em execução	1,00	3.536,06	3.536,06
<b>TOTAL DO ITEM 4</b>						<b>897.634,17</b>
<b>5. BACIA HIDRÁULICA</b>						
5.1	Desmatamento racional da bacia hidráulica	ha	SRH -01.01.05/06	17.470,00	687,26	12.006.432,20
<b>TOTAL DO ITEM 5</b>						<b>12.006.432,20</b>
<b>TOTAL GERAL</b>						<b>26.409.877,08</b>



MONTGOMERY WATSON

EIXO: FRONTEIRAS  
SEÇÃO TIPO: CCR

## ORÇAMENTO

Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>1.</b>	<b>TRABALHOS PREPARATÓRIOS:</b>					
1.1	Caminhos de Serviços com plataforma de 6,0m	km	DNOCS 1:01:511:2	5,00	1.436,59	7.182,95
1.2	Estrada de Acesso, faixa de domínio de 10,0m, greide colado, pista de rolamento de 6,0m e 0,15m de espessura, revestida em picarra compactada, com valetas de drenagem, incluindo obras de arte e os aterros a estas associadas	km	DNOCS 1:01:530:2	2,50	14.459,13	36.147,83
1.3	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	m²	SRH - 01.01.01	26.393,91	0,07	1.847,57
1.4	Expurgo nas áreas de implant.da barragem e jazidas, c/bota-fora de até 0,30km, medido no corte	m³	SRH- 90.02.05	7.918,17	1,97	15.598,79
	<b>Total do ítem 1</b>					<b>60.777,14</b>
<b>2.</b>	<b>BARRAGEM</b>					
<b>2.1</b>	<b>Fundação:</b>					
2.1.1	Escav., carga e descarga 1ª categoria - Fundação	m³	SRH - 01.05.01	48.220,19	1,42	68.472,67
2.1.2	Momento de Transporte 1ª categoria - Fundação	m³xkm	DNOCS 1:01:90:2	15.066,06	1,08	16.271,34
2.1.3	Esgotamento da Fundação c/ Bombas - vazão 100m³/h	hp x h	DNOCS 1:01:680:2	8.500,00	35,94	305.490,00
2.1.4	Escav. manual de material de 1ª categoria sem escoramento, até 1,5m	m³	DNOCS 1:01:120:2	500,00	11,47	5.735,00
2.1.5	Escav. manual de material de 1ª categoria sem escoramento, > 1,5m	m³	DNOCS 1:01:130:2	1.500,00	14,66	21.990,00
2.1.6	Escav., carga e descarga de material de 2ª categoria	m³	SRH - 01.05.02	1.000,00	1,80	1.800,00
2.1.7	Momento de Transporte 2ª categoria	m³xkm	DNOCS 1:01:100:2	300,00	1,14	342,00
2.1.8	Escav., carga e descarga de material de 3ª categoria	m³	SRH - 01.05.03	500,00	14,63	7.315,00
2.1.9	Momento de Transporte 3ª categoria	m³xkm	DNOCS 1:01:110:2	150,00	1,29	193,50
2.1.10	Perfuração c/ Sonda Rotativa diâmetro BX - Cortina de Injeção (inclusive ensaios)	m	DNOCS 1:01:811:2	463,49	118,85	55.085,79
2.1.11	Perfuração c/ Vagon Drill ou similar D = 75mm	m	Obras em execução	1.853,95	59,00	109.383,05
2.1.12	Injeção de Cimento com pressão, inclusive fornecimento de cimento	Kg	SRH -20.15.08	115.872,00	0,80	92.697,60
2.1.13	Tratamento de Fundação em rocha	m²	Obras em execução	26.393,91	30,00	791.817,30
2.1.14	Fornecimento e aplicação de Concreto Dental	m³	SRH -20.30.15/18	1.055,76	143,07	151.047,58
2.1.15	Concreto convencional de regularização	m³	SRH -90.30.03	10.557,56	151,77	1.602.320,88
<b>2.2</b>	<b>Maciço de Concreto:</b>					
2.2.1	Argamassa 1:4 - Argamassa de Ligação	m³	SRH - 90.26.02	5.298,29	83,75	443.731,79
2.2.2	Concreto Compactado a Rolo - Fornecimento e Aplicação	m³	SRH - 20.30.04	158.948,79	52,09	8.279.642,47
2.2.3	Concreto Convencional de Face	m³	SRH - 90.30.03	22.661,56	151,77	3.439.344,96
2.2.4	Concreto Convencional para Guarda-Corpo	m³	SRH - 90.30.04	458,38	159,00	72.882,42
2.2.5	Fornecim., mold., desfor. de placa de madeira res 14mm inclusive elem. de fixação e esc.	m²	SRH - 90.22.08	45.855,20	21,68	994.140,74
2.2.6	Fornecimento e montagem de Junta Fugenband O-35	m	Obras em execução	20.487,60	89,50	1.833.640,20
2.2.7	Perfuração c/ Vagon Drill ou similar D = 75mm (p/ drenos)	m	Obras em execução	6.934,15	59,00	409.114,85
2.2.8	Momento de Transporte 3ª categoria	m³xkm	DNOCS 1:01:110:2	170.520,26	1,29	219.971,14
2.2.9	Concreto Armado 300Kg/m³ p/ laje da galeria, mat., prepar., lançam., adens., cura e transp.	m³	SRH-90.30.20	735,17	516,08	379.406,53
2.2.10	Concreto Armado 300Kg/m³ p/ muros limítrofes do vertedouro	m³	SRH-90.30.20	171,96	516,08	88.745,12
	<b>Total do ítem 2</b>					<b>19.390.581,93</b>
<b>4.</b>	<b>TOMADA D'ÁGUA</b>					
<b>4.1</b>	<b>Concreto:</b>					
4.1.1	Concreto armado com fck = 15 MPa para galeria, boca de montante e medidor de vazão inclusive ferro, forma e escoramento	m³	SRH -90.30.20	163,88	516,08	84.575,19
4.1.2	Concreto armado fck = 15 MPa para caixa de saída	m³	SRH -90.30.20	54,00	516,08	27.868,32
4.1.3	Concreto simples com consumo de cimento de 200kg/m³ para regularização	m³	SRH - 90.30.03	13,50	151,77	2.048,90
4.1.4	Alvenaria de pedra argamassada no traço 1:3 de cimento areia, inclusive forma	m³	SRH - 12.12.10	4,50	106,87	480,92
<b>4.2</b>	<b>Equipamento Hidráulico/Mecânico</b>					
4.2.1	Tubos de aço de Ø=1200mm	m		24,65	1.374,78	33.888,33
4.2.2	Registro de acionamento direto, volante e "by-pass"de 1200mm com redutor de engrenagem	ud		1,00	250.466,28	250.466,28
4.2.3	Comporta quadrada de 1200mm, fluxo único, mod. CQU, Barbará, com pedestal de suspensão simples, luvas para haste, 15,0m de haste de prolongamento 1 3/4" com mancais para guia	ud		1,00	70.713,46	70.713,46
4.2.4	Vertedouro em chapa de aço (fornecimento e montagem)	ud	Obras em execução	1,00	3.536,06	3.536,06
	<b>TOTAL DO ITEM 4</b>					<b>473.577,45</b>
<b>5.</b>	<b>BACIA HIDRÁULICA</b>					
5.1	Desmatamento racional da bacia hidráulica	ha	SRH -01.01.05/06	17.470,00	687,26	12.006.432,20
	<b>TOTAL DO ITEM 5</b>					<b>12.006.432,20</b>
	<b>TOTAL GERAL</b>					<b>31.931.368,72</b>

## 4.5. AÇUDE PAULA PESSOA

### 4.5.1. Generalidades

O açude Paula Pessoa barra o rio Itacolomi, afluente do rio Coreau, numa das bacias de maiores índices pluviométricos do estado do Ceará.

A respeito desse açude já em 1878 o Engenheiro J. J. Revy descrevia em relatório os seguintes comentários:

“ O lugar em que deve ser construída a barragem é formado pelas ramificações da Serra Grande, que depois de alagar-se circularmente, desde as encostas da serra, estreitando-se no boqueirão por onde rolam as águas do rio Itacolomi”.

“Relativamente à ação benéfica das águas para as irrigações do vale que se estende abaixo da projetada barragem de 30 metros, há cêrca de 2.000 hectares de terrenos planos de primeira qualidade que podem ser irrigados pelo reservatório de Itacolomi”

Em 1893 o presidente do estado do Ceará, Dr José Freire Bezerril Fontenele, em mensagem solicitando a construção do açude descreve a obra projetada como: “O Itacolom construído com uma barragem de 1095 metros de comprimento por 30 metros de altura máxima, equivalente a 717.000 metros cúbicos, ficará com capacidade para 192.635.000 metros cúbicos de água’.

Entre os anos de 1958 e 1960 o DNOCS desenvolveu um projeto de uma barragem de enrocamento com núcleo espesso em material argiloso, com sangradouro constituído de dois canais em gargantas próximas ao boqueirão, na ombreira esquerda, com larguras de 90 e 40 metros cada, para uma descarga secular de 565 m<sup>3</sup>/s. As principais características do barramento projetado são resumidas a seguir:

- Altura máxima: 32,30 m
- Extensão pelo coroamento: 1.110 m
- Largura do coroamento: 8 m
- Taludes externos: 3(H): 1(V)
- Capacidade: 194,8 Hm<sup>3</sup>

- Volume de solo argiloso: 4000.000 m<sup>3</sup>
- Volume de enrocamento: 652.000 m<sup>3</sup>
- Volume de filtro: 64.360 m<sup>3</sup>
- Área da bacia hidráulica: 22,25 km<sup>2</sup>

O projeto do DNOCS nunca chegou a ser implantado e as férteis manchas agricultáveis ao norte de Granja ainda não puderam ser exploradas, por falta de uma fonte hídrica compatível.

Dentro do estudo de aproveitamento dos recursos hídricos da serra de Ibiapaba, considerou-se a possibilidade de implantação do açude Paula Pessoa em eixo distinto do adotado no Projeto Itacolomi e com tecnologia mais atual no que diz respeito ao material a ser empregado no maciço.

#### **4.5.2. Localização e Acesso**

O eixo do açude Paula Pessoa situa-se na extremidade oeste da serra de São Joaquim, a montante do distrito de Paula Pessoa e do eixo estudado pelo Dnocs, na região norte do estado, microrregião Camocim e Acarau, a cerca de 27 km ao sul da cidade de Granja e 38 km ao norte da cidade de Moraújo. O eixo escolhido dentro desse estudo cruza o rio Itacolomi nas coordenadas N9.628.050 e E 291.100.

O acesso ao local do eixo, a partir de Fortaleza, é feito pelas rodovias pavimentadas com revestimento asfáltico Br- 222 (até próximo de Aprazível) Ce- 444 (até Moraújo) e Ce- 364 até a estrada de terra por onde percorre-se 6 km para alcançar Paula Pessoa). O percurso total é de 310 km.

#### **4.5.3. Localização e Acesso**

O local do eixo do barramento do açude Paula Pessoa encontra-se dentro da unidade litoestratigráfica dita Formação São Joaquim do Grupo Martinópolis, caracterizada por quartzitos puros e micáceos, compactos, com eventuais lentes ferríferas.

A direção da foliação observada no leito do rio, no eixo selecionado, é NW ou seja perpendicular ao rio e com mergulho de 70° NE, isto é voltada para montante.

A rocha apresenta-se competente para fundação de qualquer tipo de obra, com excelentes características quanto ao desgaste por abrasão e resistência a agentes erodíveis.

Como não foram procedidos ensaios de perda d'água não se pode afirmar suas características de condutibilidade hidráulica mas, visualmente verificou-se que as fraturas são preenchidas e com mergulho favorável o que são indícios de uma baixa permeabilidade.

Os solos da região próxima do eixo tem matriz arenosa e eventualmente argilosa, praticamente sem pedregulho. Numa média de 31 ensaios realizados pelo DNOCS em sete áreas diferentes obteve-se uma constituição média de 70% de areia, 20% de silte e 10% de argila, com IP de 9%, peso específico máximo de 1875 kg/m<sup>3</sup> e umidade ótima de 13%. O coeficiente de permeabilidade foi superior a  $2 \cdot 10^{-6}$  e inferior a  $2 \cdot 10^{-8}$  cm/s e nos ensaios de cisalhamento direto obteve-se um ângulo de atrito interno de 27° e uma coesão de 0,29 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **4.5.4. Estudos Geotécnicos**

Os estudos geotécnicos realizados para o estudo do maciço do açude Paula Pessoa consistiram na identificação de áreas de empréstimos, sondagens a pá e picareta e ensaios laboratoriais em amostras extraídas dessas áreas.

Areais foram pesquisados em rios que cruzam a região e nos bancos mais expressivos foram coletadas amostras para ensaios de granulometria.

Sondagens mecânicas não foram efetuadas para esse nível dos estudos.

Os resultados obtidos para as áreas de empréstimos são apresentados em forma resumida no quadro 4.25.

**Quadro 4.25 – Resumo dos Ensaios dos Empréstimos**

FURO	01	02	01	02	01	02	
<b>LOCAL</b>	E- 01	E- 01	E- 02	E- 02	E- 03	E- 03	
<b>PROF. ( m ):</b>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
	2,00	2,00	1,10	1,10	1,10	1,10	
<b>AMOSTRA</b>	1	2	1	2	1	2	
<b>%PASSA</b>	<b>1"</b>	100	100	96	100	100	100
	<b>3/4"</b>	100	100		100	100	100
	<b>3/8"</b>	100	100	55	59	87,7	85,5
	<b>No. 4</b>	100	100	46	47	82,9	77,9
	<b>No. 10</b>	98,9	98	41	43	76,9	71,9
	<b>No. 40</b>	92,3	91	38	38	67,2	62,0
	<b>No. 200</b>	46,6	43	28	29	44	39,0
<b>LL</b>	24	25	25	26	29	27	
<b>LP</b>	14	11	13	14	14	15	
<b>IP</b>	10	14	12	12	15	12	
<b>IG</b>	1	2	0	0	3	1	
<b>U.S.C.</b>	CL	CL	SC	SC	CL	CL	
<b>Densidade (g/cm3)</b>	1.880	1.860	1.895	1.789	1.910	1.900	
<b>h ótima (%)</b>	10,7	12,9	12,6	13,1	11,1	12,3	

#### 4.5.5. Estudos Topográficos

Para os estudos topográficos do eixo e bacia do açude contratou-se uma restituição aerofotogramétrica na escala 1: 20.000 com curvas a cada 10 m. Para detalhamento de eixo realizou-se o transporte de cota de uma referencia do IBGE situada na margem da rodovia Ce-364, acerca de 12 km do eixo, até um marco topográfico do DNOCS, cravado numa lajedo rochoso, situado na ombreira direita. O referido marco tem gravado na sua base a cota 56,283 m porém, após nivelamento e contra nivelamento chegou-se a cota 66,723 m para esse mesmo ponto, valor esse tomado para os estudos atuais. A partir dessa cota nivelou-se um eixo selecionado em campo, com uma extensão total de 1.680m.

No entanto, no transcorrer dos trabalhos de escritório verificou-se que uma rotação do eixo para montante evitava um afluente da margem direita com uma substancial redução do volume do maciço do barramento. Para esse novo eixo, que foi adotado como base dos estudos, foram obtidas cotas do perfil através de interpolações da restituição aerofotogramétrica. As cotas obtidas para cada estaca são apresentadas no quadro 4.26.

Quadro 4.26 - Altimetria do Eixo do Açude Paula Pessoa

ESTACA	COTA	ESTACA	COTA	ESTACA	COTA
0	90,000	11	61,250	22	80,000
1	85,652	12	61,750	23	810,625
2	81,304	13	62,615	24	81,250
3	74,167	14	63,846	25	81,875
4	66,800	15	65,077	26	82,500
5	61,474	16	66,038	27	83,125
6	57,857	17	67,538	28	83,750
7	52,025	18	68,769	29	84,375
8	58,000	19	70,000	30	85,000
9	60,250	20	73,333		
10	60,750	21	76,667		

Na prancha PP- 01, do Volume 2 – Anteprojeto das Obras, é apresentada a curva cota x área x volume, obtida através da restituição aerofotogramétrica na escala 1: 20.000 e curvas de nível equidistantes de 10 m.

#### 4.5.6. Estudos Hidrológicos

Os estudos hidrológicos do açude Paula Pessoa buscaram a estimativa da cheia afluyente ao açude para o dimensionamento do sangradouro. Considerou-se que a cheia de 1000 anos de período de recorrência (TR) seria a mais indicada para a segurança admissível.

Como há ausência de dados fluviográficos na região, optou-se por utilizar modelos sintéticos chuva x vazão, transpondo-se para a chuva o período de recorrência de 1000 anos.

O modelo escolhido, pela larga utilização e bons resultados que têm sido obtidos na hidrologia no semi-árido, foi o modelo do SCS (Soil Conservation Service dos EUA). Para laminação das cheias nos reservatórios utilizou-se o método de Puls.

O programa computacional utilizado para o cálculo das cheias foi o HEC-1 (Hydrologic Engineering Center – US Army Corps of Engineers).

A seguir serão descritos os resultados passo a passo.



### – Dados Físicos da Bacia do Açude

Os principais dados físicos da bacia são:

Área: 994 km<sup>2</sup>

Cota do Leito do Rio no Barramento (Cl): 73 m

Cota Máxima no ponto mais à montante da bacia(Cm): 910 m

Comprimento do talvegue principal: 73 km

Tempo de Concentração(Tc) : 10 h

$$T_c (h) = 0,39 \times (L^2 / S)^{0,385}$$

Sendo S = Cm-Cl

### – Chuvas Intensas na Bacia do Açude

Para elaborar o estudo de chuvas intensas do açude Paula Pessoa utilizou-se um conjunto de postos da bacia do açude e que possuem bom período de dados.

A chuva na bacia hidrográfica foi estimada como a ponderação da chuva em cada estação pelos coeficientes dos polígonos de Thiessen.

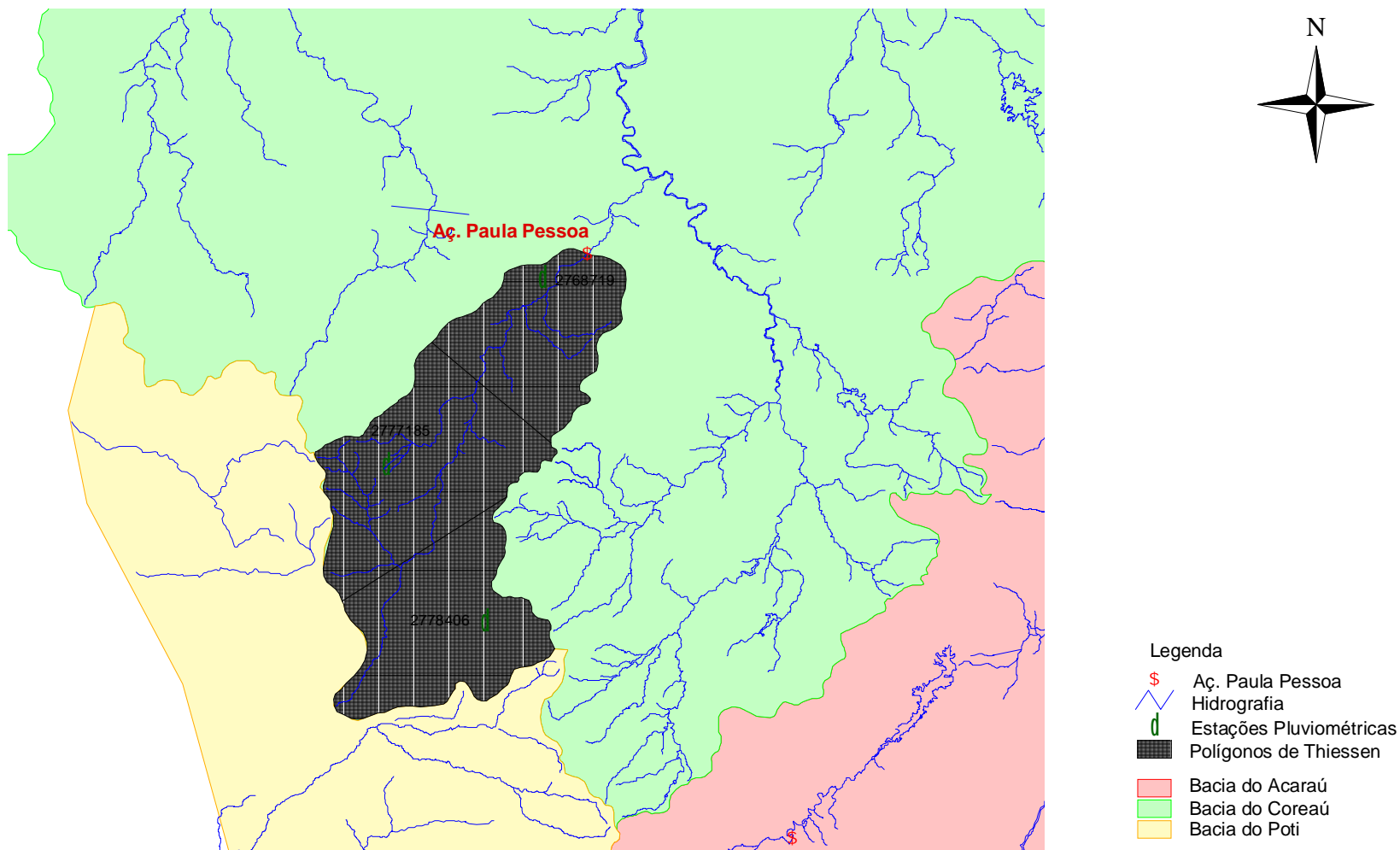
As estações utilizadas e os coeficientes de Thiessen estão no quadro a seguir.

Estação	Código da SUDENE	Coefficiente de Thiessen
Tianguá	2778406	0,3390
Viçosa do Ceará	2777185	0,3938
Iboaçú	2768719	0,2672

Na Figura 4.11 pode-se visualizar as estações e os polígonos de Thiessen.

Extraíu-se dos dados diários da estação os valores máximos anuais de 1 dia, 2 dias e 3 dias de chuva. Esses valores encontram-se nos Quadros 4.27 a 4.29 a seguir.

Figura 4.11: Açude Paula Pessoa com as Estações Pluviométricas e Polígonos de Thiessen



Esses dados foram submetidos a uma análise estatística, aplicando-se diversas distribuições e verificando-se a que melhor se adaptou aos dados observados. Desse ajuste obteve-se a chuva de 1 dia de duração e 1000 anos de TR, após aplicar-se os polígonos de Thiessen. Pode-se observar os resultados do ajuste a seguir, nos Quadros 4.30 a 4.32.

Como o tempo de concentração da bacia do açude é menor que 24 horas, foi determinada a relação intensidade x duração x frequência para as primeiras 24 horas de chuva. O processo de determinação é descrito a seguir, baseado na metodologia do Prof. Taborga Torrico (Práticas Hidrológicas).

- Para a transformação da chuva de 1 dia em chuva de 24 horas ( $P_{24h}$ ), multiplica-se a chuva de 1 dia por 1,10 .
- A chuva de 1h de duração é determinada a partir da relação entre  $P_{24h}$  e  $P_{1h}$ . Essa relação é dada pela metodologia em função do tempo de concentração e da Isozona a que pertence a estação fluviométrica. Na Figura 4. 2 pode-se observar o mapa de Isozonas. A Isozona do posto em questão é a E.
- Da mesma forma e usando o mesmo mapa e tabela das Isozonas determina-se a relação entre a chuva de 24h de duração e a chuva de 6 minutos de duração.
- No papel logaritmo plota-se os três valores ( $P_{24h}$ ,  $P_{1h}$  e  $P_{6min}$ ) e une-se os mesmos formando o gráfico da Figura 4.12.

Para outras durações de chuva pode-se retirar do gráfico o valor da precipitação.

No modelo HEC-1 entra-se com as chuvas na seguinte seqüência: 5 min, 15 min, 1h, 2h, 3h, 6h, 12h e 24h.



MONTGOMERY WATSON



Quadro 4.27

POSTO : 2768719

MAXIMAS PRECIPITACOES ANUAIS

ANO	1 DIA	2 DIAS	3 DIAS
1934	51.80	69.00	93.30
1935	66.90	82.50	101.80
1936	77.40	95.40	105.40
1937	84.50	107.50	127.00
1938	61.50	79.90	101.90
1939	88.40	96.90	122.40
1940	84.00	96.70	125.20
1941	84.70	84.70	84.70
1942	85.10	97.80	115.40
1943	100.40	127.70	136.70
1944	79.00	98.40	104.40
1945	69.20	89.70	99.70
1946	72.00	72.00	72.00
1947	86.00	87.00	143.00
1948	53.80	66.20	84.00
1949	99.00	106.00	134.50
1950	80.00	117.00	178.00
1951	73.00	99.00	105.50
1952	104.50	150.20	155.70
1953	108.00	139.00	146.50
1954	102.00	151.00	151.00
1955	131.50	146.50	151.30
1956	73.00	92.60	113.10
1958	65.00	65.00	73.40
1959	74.50	80.80	145.50
1961	104.00	186.00	186.00
1962	99.10	121.90	129.50
1963	80.70	140.90	145.00
1964	73.40	125.00	160.00
1965	63.00	85.60	119.80
1966	64.60	86.00	99.60
1968	102.40	104.10	116.90
1969	62.70	74.40	89.10
1970	56.60	97.80	114.00
1971	75.20	104.80	112.40
1972	54.60	94.00	102.60
1973	104.00	104.00	132.40
1974	74.60	94.40	116.50
1975	85.00	105.20	135.80
1976	111.00	124.00	139.60
1977	77.00	151.60	151.60
1985	82.40	88.60	101.60
1986	61.00	103.80	138.80
1988	110.00	152.60	160.60



MONTGOMERY WATSON



Quadro 4.28

POSTO : 2777185

MAXIMAS PRECIPITACOES ANUAIS

ANO	1 DIA	2 DIAS	3 DIAS
1912	52.00	84.20	96.40
1913	65.00	82.50	125.30
1914	67.50	71.40	86.80
1915	82.00	88.00	88.00
1916	69.00	129.10	143.90
1917	69.30	112.50	164.00
1918	60.80	98.30	109.20
1919	63.40	66.70	66.70
1920	102.30	164.50	176.90
1921	116.00	148.00	154.20
1922	68.40	127.20	143.50
1923	66.20	85.20	136.90
1924	81.60	115.30	180.70
1925	64.20	83.00	123.00
1926	78.50	113.40	140.50
1927	111.00	151.60	168.10
1928	133.50	136.70	169.60
1929	67.00	91.50	101.30
1930	67.80	71.40	83.00
1931	79.30	123.40	144.90
1932	126.70	144.70	186.80
1933	125.50	152.40	210.80
1934	114.00	126.70	151.50
1935	82.40	105.50	148.00
1936	135.20	162.20	227.60
1937	58.30	95.90	100.70
1938	65.40	81.00	93.10
1939	47.80	92.60	106.80
1940	54.70	68.10	82.90
1941	62.70	77.10	92.30
1942	104.30	104.30	109.60
1943	65.80	109.90	136.60
1944	104.80	140.30	183.90
1946	85.60	120.80	131.30
1947	69.10	82.90	82.90
1948	43.80	53.60	67.10
1949	60.70	97.70	97.70
1950	134.30	145.40	150.50
1951	78.30	78.30	86.00
1952	67.80	88.20	90.60
1953	119.40	124.60	134.90
1954	64.60	76.10	98.40
1955	56.80	62.90	83.30
1956	63.60	98.10	98.10
1957	64.80	82.40	92.90
1958	34.40	51.90	51.90
1959	71.40	107.70	123.30
1960	71.20	95.70	144.30
1961	154.20	200.40	219.00
1962	74.20	88.50	109.70
1963	92.30	184.60	186.80
1964	84.60	101.80	118.20
1965	63.40	106.00	127.40
1966	112.40	139.00	155.20
1967	96.50	155.10	166.60
1968	165.00	186.00	186.00
1969	68.90	98.50	98.50
1970	49.30	64.40	80.00
1985	121.00	131.40	177.80



MONTGOMERY WATSON



Quadro 4.29  
POSTO : 2778406

MAXIMAS PRECIPITACOES ANUAIS

ANO	1 DIA	2 DIAS	3 DIAS
1912	50.50	81.50	84.10
1913	66.50	86.80	151.80
1914	55.80	67.30	67.30
1915	36.60	62.50	62.50
1916	68.00	116.00	127.70
1917	126.30	182.50	219.20
1918	65.10	70.60	84.10
1919	35.50	48.70	49.30
1920	50.00	83.70	104.10
1921	65.90	88.60	117.60
1922	73.30	84.30	103.90
1923	64.40	101.00	133.10
1924	69.90	93.00	124.80
1925	96.50	134.90	167.50
1926	98.30	124.70	135.30
1927	138.30	159.60	172.00
1928	79.30	98.30	125.70
1929	85.50	108.80	126.90
1930	53.40	65.30	83.90
1931	108.40	148.40	161.90
1933	96.70	99.40	124.40
1934	80.40	117.80	151.40
1935	80.00	146.90	162.90
1936	54.00	82.30	115.30
1937	100.60	108.60	142.70
1938	94.20	135.20	143.60
1939	76.40	111.60	123.90
1940	98.80	102.30	129.20
1941	52.30	69.80	75.80
1942	90.60	90.60	90.60
1943	54.40	69.40	98.90
1944	64.30	92.60	109.70
1946	82.30	118.70	118.70
1947	89.80	107.70	133.00
1948	61.00	61.00	67.80
1949	97.00	101.20	102.30
1950	100.20	100.20	100.20
1951	60.70	90.70	100.70
1952	40.00	49.60	80.80
1953	60.70	98.50	111.50
1954	98.40	98.40	160.00
1955	70.00	81.00	102.00
1956	107.50	126.70	130.20
1957	105.00	160.00	214.00
1958	29.00	33.80	40.80
1959	109.50	154.00	170.00
1960	70.00	93.00	116.00
1961	126.60	126.60	126.60
1962	57.00	74.60	107.20
1963	84.00	137.00	152.00
1964	76.30	104.00	134.00
1965	90.00	158.00	208.00
1966	58.10	81.80	102.10
1967	128.00	178.00	191.00
1968	55.30	65.50	105.50
1969	57.00	63.40	73.40
1970	59.00	62.60	94.80
1971	55.20	63.80	81.30
1972	56.00	78.20	97.50
1973	67.00	95.00	103.00
1974	141.00	167.00	199.00
1975	105.00	137.00	143.20
1976	76.00	98.20	128.20
1977	64.00	79.60	89.00
1978	141.00	150.20	158.10
1979	55.20	65.80	74.80



MONTGOMERY WATSON



Quadro 4.29 (cont.)

POSTO : 2778406

MAXIMAS PRECIPITACOES ANUAIS

1980	100.70	100.70	182.90
1981	67.90	96.10	112.70
1982	55.40	88.40	88.40
1983	60.40	85.40	111.60
1984	77.00	77.00	112.60
1985	85.20	98.20	118.00
1986	140.00	140.00	157.40
1987	79.40	124.40	124.40
1988	80.00	136.00	146.00



Quadro 4.30 - Estudo Estatístico de Chuvas Máximas do Posto 2768719

SAMPLE SIZE = 44

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 81.74 STD. DEV. = 18.23 COEF. OF SKEW = .4951

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.37952 STD. DEV. = .22174 COEF. OF SKEW. = .0262

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.90200 STD. DEV. = .09630 COEF. OF SKEW. = .0274

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	81.74	79.80	80.28	78.90	77.09	80.24	79.72
2.33	85.01	83.04	83.53	82.26	80.31	83.52	82.96
5.00	97.23	96.35	96.57	96.86	95.92	96.63	96.33
10.00	105.46	106.50	106.18	108.76	110.85	106.27	106.57
20.00	112.38	115.85	114.82	120.17	127.36	114.89	116.05
50.00	120.34	127.63	125.45	134.94	152.43	125.42	128.06
100.00	125.78	136.36	133.16	146.01	174.40	133.00	137.00
200.00	130.87	145.06	140.71	157.04	199.44	140.37	145.94
500.00	137.18	156.64	150.58	171.59	238.05	149.92	157.90
1000.00	141.73	165.55	158.03	182.58	272.12	157.07	167.13





MONTGOMERY WATSON



Quadro 4.30 - Estudo Estatístico de Chuvas Máximas do Posto 2768719 (cont.)

		FREQUENCY DISTRIBUTION						
CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL ( mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	TYPE I EXTREMAL ( mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL ( mm)	PEARSON TYPE III ( mm)	LOG PEARSON TYPE III ( mm)
0	.00000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.16667	64.10	64.39	64.28	63.84	64.19	64.92	64.37
2	.33333	73.89	72.53	72.84	71.60	70.54	73.54	72.45
3	.50000	81.74	79.80	80.28	78.90	77.09	81.07	79.70
4	.66667	89.59	87.80	88.25	87.40	85.49	89.15	87.70
5	.83333	99.37	98.89	99.00	100.07	99.73	100.03	98.85
6	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		5.091	10.000	10.273	6.455	5.091	5.364	10.000

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =11.073

RETURN PERIOD (YRS)	LOG PEARSON TYPE III WITH WEIGHTED REGIONAL SKEW ( mm)
2.00	79.33
2.33	82.56
5.00	96.17
10.00	106.90
20.00	117.07
50.00	130.27
100.00	140.31
200.00	150.56
500.00	164.56
1000.00	175.60



Quadro 4.31 - Estudo Estatístico de Chuvas Máximas do Posto 2768719

SAMPLE SIZE = 59

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 82.71 STD. DEV. = 28.75 COEF. OF SKEW = .9756

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.36071 STD. DEV. = .32917 COEF. OF SKEW. = .2829

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.89383 STD. DEV. = .14295 COEF. OF SKEW. = .2832

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	82.71	78.31	78.50	78.17	74.35	78.16	77.11
2.33	87.86	83.07	83.43	83.37	78.90	83.19	81.82
5.00	107.09	103.52	104.43	105.94	102.18	104.69	102.96
10.00	119.98	119.99	121.14	124.32	126.12	121.68	121.10
20.00	130.76	135.77	137.00	141.96	154.33	137.60	139.41
50.00	143.11	156.38	157.55	164.78	200.43	157.84	164.74
100.00	151.48	172.12	173.12	181.89	243.80	172.86	185.16
200.00	159.27	188.18	188.90	198.93	296.34	187.79	206.95
500.00	168.89	210.08	210.28	221.41	383.35	207.56	238.25
1000.00	175.76	227.28	226.98	238.41	465.69	222.62	264.14



Quadro 4.31 - Estudo Estatístico de Chuvas Maximas do Posto 2768719 (cont.)

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	FREQUENCY DISTRIBUTION						
		TRUNCATED NORMAL ( mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	TYPE I EXTREMAL ( mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL ( mm)	PEARSON TYPE III ( mm)	LOG PEARSON TYPE III ( mm)
0	.00000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.14286	52.02	55.11	54.13	52.89	55.66	51.82	55.35
2	.28571	66.44	65.00	64.59	63.67	62.97	61.62	64.44
3	.42857	77.54	73.81	73.81	73.25	70.27	70.62	72.80
4	.57143	87.89	83.09	83.45	83.42	78.95	80.22	81.92
5	.71429	98.98	94.35	95.05	95.88	91.06	91.88	93.39
6	.85714	113.40	111.29	112.33	115.00	113.35	109.26	111.51
7	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		16.814	12.542	17.051	16.576	18.475	24.881	15.153

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =12.596

RETURN PERIOD (YRS)	LOG PEARSON TYPE III WITH WEIGHTED REGIONAL SKEW ( mm)
2.00	76.87
2.33	81.56
5.00	102.82
10.00	121.28
20.00	140.10
50.00	166.42
100.00	187.85
200.00	210.93
500.00	244.41
1000.00	272.37



Quadro 4.32 - Estudo Estatístico de Chuvas Máximas do Posto 2768719

SAMPLE SIZE = 75

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 78.79 STD. DEV. = 26.06 COEF. OF SKEW = .6615

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.31290 STD. DEV. = .33384 COEF. OF SKEW. = -.1853

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.87307 STD. DEV. = .14498 COEF. OF SKEW. = -.1858

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL (mm)	TYPE I EXTREMAL (mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL (mm)	PEARSON TYPE III (mm)	LOG PEARSON TYPE III (mm)
2.00	78.79	74.66	76.05	74.64	70.79	75.95	75.43
2.33	83.45	79.26	80.65	79.28	75.13	80.59	80.04
5.00	100.85	99.04	99.43	99.47	97.30	99.58	99.28
10.00	112.49	114.96	113.58	115.91	120.10	113.81	114.10
20.00	122.20	130.19	126.47	131.68	146.98	126.68	127.76
50.00	133.28	150.03	142.48	152.09	190.90	142.49	144.86
100.00	140.76	165.12	154.17	167.38	232.21	153.90	157.38
200.00	147.70	180.47	165.65	182.62	282.26	164.99	169.72
500.00	156.23	201.30	180.70	202.73	365.16	179.35	185.87
1000.00	162.30	217.57	192.08	217.92	443.62	190.06	198.06



MONTGOMERY WATSON



Quadro 4.32 - Estudo Estatístico de Chuvas Maximas do Posto 2768719 (cont.)

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	FREQUENCY DISTRIBUTION						
		TRUNCATED NORMAL ( mm)	2-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	3-PARAMETER LOGNORMAL ( mm)	TYPE I EXTREMAL ( mm)	TYPE I LOG-EXTREMAL ( mm)	PEARSON TYPE III ( mm)	LOG PEARSON TYPE III ( mm)
0	.00000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.12500	48.80	50.85	50.39	50.57	52.01	49.27	50.97
2	.25000	61.21	59.60	60.24	59.45	58.28	58.93	59.20
3	.37500	70.48	67.12	68.30	67.03	64.22	66.95	66.41
4	.50000	78.79	74.66	76.05	74.64	70.79	74.71	73.77
5	.62500	87.09	83.04	84.36	83.15	78.95	83.08	82.12
6	.75000	96.37	93.51	94.33	93.90	90.60	93.12	92.79
7	.87500	108.77	109.61	108.91	110.72	112.38	107.74	109.72
8	1.00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		22.600	10.227	11.720	10.227	10.867	10.013	8.307

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =14.070

RETURN PERIOD (YRS)	LOG PEARSON TYPE III WITH WEIGHTED REGIONAL SKEW ( mm)
2.00	74.83
2.33	79.43
5.00	99.10
10.00	114.78
20.00	129.65
50.00	148.85
100.00	163.35
200.00	177.97
500.00	197.68
1000.00	212.96

### – Determinação do CN – Curve Number

O valor de CN tem que representar as condições de uso do solo e de tipo do solo da bacia hidrográfica estudada. Para estimativa do valor de CN utilizou-se o Mapa de Uso do Solo elaborado na fase de Diagnóstico pelo Consórcio a partir das imagens do satélite Landsat, além do mapa de tipo de solo do Plano Estadual dos Recursos Hídricos (SRH-1991) que classificou os solos segundo o SCS em solos do tipo A,B,C e D.

A metodologia para estimativa do CN constou do cruzamento, no SIG ArcView, dos mapas de tipo de solo e uso do solo, produzindo-se um mapa de CN para a bacia. Ponderando-se os valores de CN com as áreas em que ocorrem obteve-se o CN médio para a bacia hidrográfica. Para a bacia do Paula Pessoa CN = 78

### – Cheia de Projeto e Vazão de Saída do Vertedouro

A cheia de projeto para o período de retorno de 1000 anos foi estimada para o açude Paula Pessoa utilizando-se o programa HEC-1, para uma chuva de 24 h de duração.

Dois tipos de vertedouro foram analisados: canal escavado em rocha e do tipo Creager.

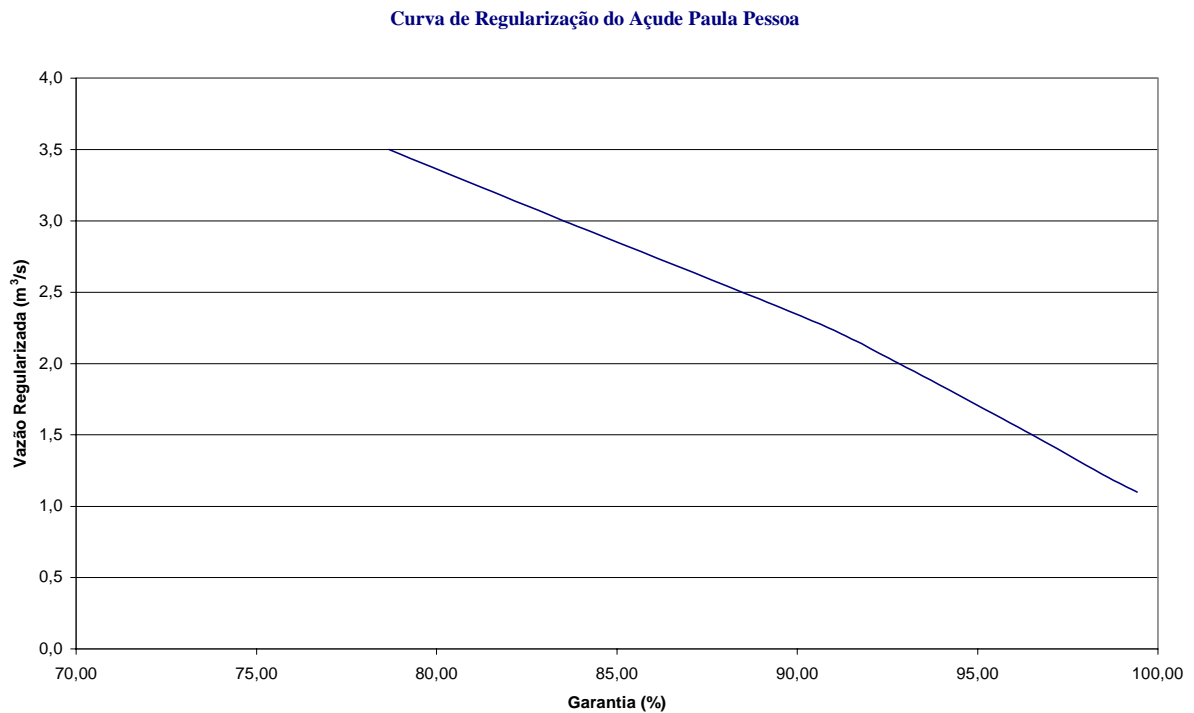
A vazão máxima afluyente ao açude para TR=1000 anos é de 4.082 m<sup>3</sup>/s

Os resultados são apresentados nos quadros a seguir

Largura do Sangradouro (m)	Vazão Efluente Máxima (m <sup>3</sup> /s)	Lâmina Máxima de Sangria (m)
100	2.319,00	5,02
120	2.487,00	4,65
150	2.684,00	4,21
180	2.836,00	3,86
200	2.923,00	3,66

– Curva de Regularização do Açude Paula Pessoa

Em complementação aos estudos hidrológicos, apresenta-se a seguir a curva de regularização para o açude Paula Pessoa.



#### 4.5.7. Arranjo Geral das Obras

Pelas condições topográficas do vale, de forma muito encaixada (tipo V), pelo afloramento contínuo de rocha quartzítica competente ao longo do eixo, pelas dificuldades impostas pelo relevo em localizar um sangradouro na forma de canal e pela condição de quase regime perene do rio, que oneraria muito um sistema de desvio do rio em calha muito estreita para uma barragem em terra, uma barragem do tipo gravidade mostra-se mais conveniente do que maciços em terra ou enrocamento com núcleo argiloso.

Para o eixo selecionado pelo Dnocs, a jusante do escolhido nesse estudo, existia a possibilidade de sangria pela ombreira esquerda através de duas gargantas, porém o eixo por situar-se a jusante de um trecho de corredeiras e cachoeiras implica numa maior altura do maciço para o mesmo nível de acumulação.

No eixo escolhido pelo Consórcio MW- Engesoft a altura do maciço é bem menor porém não existem condições topográficas favoráveis a localização de um sangradouro para uma barragem de terra.

Para verificar o tipo mais viável de obra para o açude orçou-se as seguintes alternativas:

- 1) Barragem de enrocamento com núcleo argiloso no eixo jusante- projeto original do Dnocs.
- 2) Barragem de terra homogênea no eixo jusante- variante do projeto do Dnocs.
- 3) Barragem de gravidade em CCR no eixo mais a montante.

As planilhas de custo para cada uma dessas alternativas encontram-se no item 4.5.12 e por elas pode-se notar que um maciço de CCR, com um trecho central vertedouro e uma tomada d'água na ombreira direita mostrou-se mais interessante.

#### **4.5.8. Maciço**

##### **4.5.8.1. Alternativas de Seção Tipo**

No eixo considerado pelo consórcio MW-Engesoft as condições topográficas e geológicas indicam como próprio um barramento de gravidade. Elaborou-se para esse local uma barragem em CCR com coroamento na cota 76,20m e com uma largura de 5 m. A face de montante foi projetada vertical e o talude de jusante também vertical nos seus primeiros 6,67 m e depois desse nível com inclinação de 0,75 (H): 1(V) até a fundação. No trecho central do rio locou-se uma seção vertedoura com 150 m de largura, na cota máxima 70,00 m, com talude de jusante em degraus executados em concreto vibrado e salto de esqui na cota 62,00 m. A extensão total da barragem pela crista ficou com cerca de 362 m e a altura máxima com 24,20 m.

O CCR foi considerado com um consumo de cimento de 80 kg/m<sup>3</sup> de concreto, sendo utilizado como agregado pétreo a rocha quartzítica de um afloramento na ombreira esquerda, à montante do eixo, como agregado miúdo a areia do rio Coreau e areia artificial obtida da britagem do quartzito.

Para o eixo selecionado no projeto do Dnocs considerou-se a seção adotada, que consiste numa barragem de enrocamento com taludes de montante e jusante de 3(H):1(V) e núcleo de solo silício argiloso com taludes de 1,25(H):1(V) e com filtro de areia nas interfaces núcleo-



enrocamento. A largura do coroamento foi adotada em 8 metros, o maciço ficou com uma altura máxima de 32,30 m e a extensão total do maciço pela crista alcançou 1.110,0 m. O sangradouro foi projetado em gargantas da ombreira direita através de dois canais escavados em rocha com larguras de 90 e 40 m respectivamente. No mesmo boqueirão estudado pelo Dnocs idealizou-se uma seção semelhante a original porém, em terra homogênea com sistema de drenagem interno com filtros vertical e horizontal e um dreno de pé tipo rock fill. Nessa seção conservou-se os taludes do projeto e com a fundação diretamente sobre o estrato rochoso.

#### 4.5.8.2. Seção escolhida

A alternativa em CCR mostrou-se com menor custo de implantação, conforme planilhas apresentadas no item 4.5.12 e, portanto, foi escolhida para o desenvolvimento do anteprojeto.

A seção tipo da barragem de CCR apresenta uma largura total do coroamento de 5,00 m, talude de montante vertical, talude de jusante vertical entre as cotas 76,20 e 69,53 m e com inclinação de 0,75 (H) : 1(V) abaixo da cota 69,53 m.

O coroamento da barragem será executado em CCR semelhante as camadas subjacentes, com caimento igualmente de 2,0% para montante. Guarda-corpos, do tipo barreira “New Jersey”, foram indicados para ambos os lados do coroamento, com drenos na base de montante em PVC com Ø 4”, a cada 10 metros.

Para assegurar uma zona impermeável a montante será construída uma faixa de concreto convencional vibrado, com espessura de 0,50 m, a partir da face de montante, em toda a altura da barragem.

O maciço de concreto foi idealizado para ser construído com um CCR de teor de cimento de 70 kg de cimento/m<sup>3</sup>, inclusive o talude de jusante na região não vertedoura.

As areias para a mistura do traço de CCR e CCV deverão ser procedente dos bancos naturais do rio Coreau e artificialmente da britagem do quartzito e os agregados pétreos da pedreira J-1.

Para promover a ligação entre as camadas de CCR, em toda a largura da seção da barragem, será aplicada uma argamassa de berço, espalhada com rodo ou projetada por via úmida, numa espessura máxima de 1,0 cm.

Transversalmente ao maciço de concreto serão abertas juntas de contração, ao longo de toda seção com espaçamento típico de 20 metros a partir das fronteiras com a seção vertedoura.

Um trecho com função de sangria foi projetado entre estacas 5 e 12+ 10( 150 m de largura), com cota máxima do perfil Creager na 70,00 m , talude de jusante em degraus para dissipação de energia e salto esqui na cota 62,00 m. Toda a superfície de sangria foi considerada protegida com uma faixa de CCV com espessura mínima de 0,50 m.

Uma galeria de drenagem foi projetada para ser construída ao longo da seção de sangria, com uma largura de 2,00 m e largura de 3,00 m, com sua face mais à montante distando 3,5 m para o paramento de montante da barragem. A galeria foi idealizada para ser construída na cota 62,00 para escoar o fluxo drenado através de uma galeria de acesso ao talude jusante na estaca 4 + 15.

A galeria de drenagem foi idealizada com duas valetas no seu piso, para escoamento dos fluxos captados pelo dreno formado próximo a face de montante, pela cortina de drenagem interna e pela cortina de drenagem da fundação. Ambas as valetas situam-se junto as paredes da galeria, com 0,25 m de largura, sendo a de montante com profundidade máxima de 0,29 m e a de jusante com 0,30 m.

O sistema de vedação das juntas de contração constitui-se de duas linhas de juntas de vedação em PVC, do tipo Fugenband 0-35, situadas a 0,30 m e 0,90 m da face de montante, respectivamente, engastadas 0,60 m na rocha de fundação e prolongando-se até a camada de revestimento do coroamento no trecho não vertedouro e até 0,50 m abaixo da superfície do CCV não trecho vertedouro. Na região de localização das juntas o concreto convencional de face se estenderá até 1,10 m da face de montante.

Para impermeabilização da rocha de fundação será executada uma cortina de injeção, através da galeria de drenagem, com uma inclinação de 10° para montante, em toda a extensão da barragem.

Para drenagem de possíveis infiltrações na barragem será formada uma linha de dreno de Ø 6", entre as juntas de vedação tipo Fugenband, através do deslizamento vertical de um tubo galvanizado ou de PVC. Esse furo de dreno que deverá iniciar-se 0,60m acima do topo rochoso, será interligado à galeria de drenagem através de um tubo galvanizado de Ø 6", dotado de um "T".

Drenos verticais de  $\varnothing = 3''$  abertos com sonda percussiva a partir do coroamento até a galeria de drenagem, serão executados a cada 4,0 metros ao longo do comprimento da barragem. Drenos semelhantes, abertos através da galeria de drenagem, penetrarão na rocha de fundação, com o intuito de captar fluxos que porventura não sejam interceptados pela cortina de injeções. Esses drenos de fundação também manterão um espaçamento entre si de 4,0 metros.

Nas pranchas PP-08 e PP-05 do Volume 2 – Anteprojeto das Obras, são apresentadas seções nas ombreiras (trecho não vertedouro) e no vertedouro além, de um perfil longitudinal do eixo.

#### **4.5.9. Sangradouro**

A partir da verificação da conveniência econômica da escolha de uma barragem de gravidade em CCR a opção de sangria ficou com uma única alternativa, ou seja a sangria por sobre o maciço em um trecho central da barragem. O talude de jusante do vertedouro foi adotado com degraus, ao invés de uma superfície contínua tipo rápido, para maior dissipação da energia de escoamento do caudal de sangria. Adotou-se uma rampa de lançamento da lamina d'água, do tipo salto de esqui, para evitar possíveis erosões no contato do maciço de CCR com a fundação e, também, devida a impossibilidade de implantação de uma bacia de dissipação no pé de jusante, pela reduzida largura da calha do rio.

O trecho vertedouro da barragem ficou com uma largura de 150 m, por onde se escoará uma vazão máxima de 2.684 m<sup>3</sup>/s com uma lamina máxima de 4,21 m. A cota do topo do vertedouro foi fixada em 70,00 m.

Nos limites entre os trechos vertedouro e o não vertedouro foram projetados muros em concreto armado, com inclinação semelhante ao talude de jusante, até o nível do salto de esqui.

#### **4.5.10. Tomada D'água**

A tomada d'água foi projetada na estaca 13, situada na ombreira direita, onde as condições topográficas são mais favoráveis e onde não existe conflito com galeria de acesso foi considerado no dimensionamento da tomada d'água a possibilidade de conferir ao rio um fluxo igual a vazão regularizável do reservatório, calculada para uma garantia de 90% em 95% em 1,70 m<sup>3</sup>/s

A tomada d'água foi definida como uma galeria do tipo conduto forçado, com uma linha de diâmetro de 800 mm e uma extensão de 21,0 m.

A montante da galeria foi projetado um canal de aproximação escavado na cota 62,50 m e uma caixa de entrada com grade de proteção do conduto. A jusante previu-se uma bacia de dissipação com cerca de 12,0 m, onde se encontram um registro de gaveta, uma válvula borboleta e um vertedor, seguida de um canal de fuga.

A estrutura da tomada d'água é apresentada na prancha PP-09 do Volume 2 – Anteprojeto das Obras.

#### **4.5.11. Características Técnicas da Alternativa Escolhida**

As principais características técnicas das obras do açude Paula Pessoa podem ser assim resumidas:

##### **a) Localização:**

- Rio barrado: Rio Itacolomi
- Município: Granja
- Estado: Ceará

##### **b) Características gerais:**

- Área de drenagem: 994,16 Km<sup>2</sup>
- Área do reservatório (cota = 70,00 m): 2.489 ha
- Volume morto do reservatório (cota = 62,50 m): 26,96 hm<sup>3</sup>

- Volume máximo do reservatório (cota = 70,0 m): 166,88 hm<sup>3</sup>
- N. A. máximo normal = 70,00 m
- N. A. máximo maximorum = 74,21 m
- N. A. mínimo operacional = 62,50 m

### **c) Barragem Principal**

- Tipo = Gravidade
- Cota do Coroamento = 76,20 m
- Altura máxima = 24,20 m
- Comprimento da crista = 362,0 m
- Largura da crista = 5,00 m
- Volume de concreto CCR = 18.329,97 m<sup>3</sup>
- Volume de concreto CCV = 9.665,19 m<sup>3</sup>

### **d) Sangradouro**

- Tipo = Perfil Creager com salto de esqui
- Cota da soleira = 70,00 m
- Largura = 150,00 m
- Vazão efluente = 2.684,00 m<sup>3</sup>/s
- Lâmina d'água máxima = 4,21 m

#### e) Tomada d'água

- Tipo = Conduto forçado
- Número de conduto = 1
- Diâmetro do conduto = mm
- Comprimento do conduto = 21 ,0 m
- Vazão regularizada (95%) = 1,70 m<sup>3</sup>/s

#### 4.5.12. Quantitativos e Custos

Nas páginas seguintes são apresentadas as planilhas de quantitativos e custos para três alternativas de seção tipo estudadas. Os preços unitários foram obtidos na tabela da SRH (05/99), na tabela do DNOCS (08/99) e, para serviços não constantes destas, nas obras em andamento na SRH.

Sem considerar os custos das desapropriações, divulgação e mobilização- desmobilização obteve-se os seguintes preços totais para as alternativas estudadas

ALTERNATIVA	CUSTO DAS OBRAS	CUSTO DE PROJETO, SUPERVISÃO E EVENTUAIS	CUSTO TOTAL
Gravidade em CCR	5.365.886,34	1.083.053,66	<b>6.448.940,00</b>
Terra homogênea (variante do projeto Dnocs)	17.338.461,87	1.083.053,66	<b>18.421.515,53</b>
Enrocamento com núcleo argiloso (projeto Dnocs)	14.322.928,19	1.083.053,66	<b>15.405.981,85</b>



EIXO: PAULA PESSOA

SEÇÃO TIPO: CCR

ORÇAMENTO						
Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>1.</b>	<b>TRABALHOS PREPARATÓRIOS:</b>					
1.1	Caminhos de Serviços com plataforma de 6,0m	km	DNOCS 1:01:511:2	5,00	1.436,59	7.182,95
1.2	Estrada de Acesso, faixa de domínio de 10,0m, greide colado, pista de rolamento de 6,0m e 0,15m de espessura, revestida em picarra compactada, com valetas de drenagem, incluindo obras de arte e os aterros a estas associadas	km	DNOCS 1:01:530:2	1,50	14.459,13	21.688,70
1.3	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	m <sup>2</sup>	SRH - 01.01.01	5.037,77	0,07	352,64
1.4	Expurgo nas áreas de implant.da barragem e jazidas, c/bota-fora de até 0,30km, medido no corte	m <sup>3</sup>	SRH- 90.02.05	755,67	1,97	1.488,67
	<b>Total do ítem 1</b>					<b>30.712,96</b>
<b>2.</b>	<b>BARRAGEM</b>					
<b>2.1</b>	<b>Fundação:</b>					
2.1.1	Escav., carga e descarga 1ª categoria - Fundação	m <sup>3</sup>	SRH - 01.05.01	755,67	1,42	1.073,05
2.1.2	Momento de Transporte 1ª categoria - Fundação	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:90:2	226,70	1,08	244,84
2.1.3	Esgotamento da Fundação c/ Bombas - vazão 100m <sup>3</sup> /h	hp x h	DNOCS 1:01:680:2	7.000,00	35,94	251.580,00
2.1.4	Escav. manual de material de 1ª categoria sem escoramento, até 1,5m	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:120:2	500,00	11,47	5.735,00
2.1.5	Escav., carga e descarga de material de 2ª categoria	m <sup>3</sup>	SRH - 01.05.02	250,00	1,80	450,00
2.1.6	Momento de Transporte 2ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:100:2	75,00	1,14	85,50
2.1.7	Escav., carga e descarga de material de 3ª categoria	m <sup>3</sup>	SRH - 01.05.03	500,00	14,63	7.315,00
2.1.9	Momento de Transporte 3ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:110:2	150,00	1,29	193,50
2.1.10	Perfuração c/ Sonda Rotativa diâmetro BX - Cortina de Injeção (inclusive ensaios)	m	DNOCS 1:01:811:2	175,00	118,85	20.798,75
2.1.11	Perfuração c/ Vagon Drill ou similar D = 75mm	m	Obras em execução	700,00	59,00	41.300,00
2.1.12	Injeção de Cimento com pressão, inclusive fornecimento de cimento	Kg	SRH -20.15.08	43.750,00	0,80	35.000,00
2.1.13	Tratamento de Fundação em rocha	m <sup>2</sup>	Obras em execução	5.037,77	30,00	151.133,10
2.1.14	Fornecimento e aplicação de Concreto Dental	m <sup>3</sup>	SRH -20.30.15/18	151,13	143,07	21.622,17
2.1.15	Concreto convencional de regularização	m <sup>3</sup>	SRH -90.30.03	1.511,33	151,77	229.374,55
<b>2.2</b>	<b>Maciço de Concreto:</b>					
2.2.1	Argamassa 1:4 - Argamassa de Ligação	m <sup>3</sup>	SRH - 90.26.02	611,00	83,75	51.171,25
2.2.2	Concreto Compactado a Rolo - Fornecimento e Aplicação	m <sup>3</sup>	SRH - 20.30.04	18.329,97	52,09	954.808,14
2.2.3	Concreto Convencional de Face	m <sup>3</sup>	SRH - 90.30.03	7.907,90	151,77	1.200.181,98
2.2.4	Concreto Convencional para Guarda-Corpo	m <sup>3</sup>	SRH - 90.30.04	84,83	159,00	13.487,97
2.2.5	Fornecim., mold., desfor. de placa de madeira res 14mm inclusive elem. de fixação e esc.	m <sup>2</sup>	SRH - 90.22.08	8.795,89	21,68	190.694,90
2.2.6	Fornecimento e montagem de Junta Fugenband O-35	m	Obras em execução	189,24	89,50	16.936,98
2.2.7	Perfuração c/ Vagon Drill ou similar D = 75mm (p/ drenos)	m	Obras em execução	472,08	59,00	27.852,72
2.2.8	Momento de Transporte 3ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:110:2	16.387,00	1,29	21.139,23
2.2.9	Concreto Armado 300Kg/m <sup>3</sup> p/ laje da galeria, mat., prepar., lançam., adens., cura e transp.	m <sup>3</sup>	SRH-90.30.20	135,00	516,08	69.670,80
2.2.10	Concreto Armado 300Kg/m <sup>3</sup> p/ muros limítrofes do vertedouro	m <sup>3</sup>	SRH-90.30.20	43,64	516,08	22.521,73
	<b>Total do ítem 2</b>					<b>3.334.371,16</b>
<b>4.</b>	<b>TOMADA D'ÁGUA E EQUIPAMENTOS ELETROMECÂNICOS</b>					
4.1	Concreto armado fck = 15 MPa para caixa de saída	m <sup>3</sup>	SRH -90.30.20	36,00	516,08	18.578,88
4.4.1	Fornecimento e montagem de Tubo de aço com diâmetro de 800 mm, espessura de 3/8", aço ASTM-A-36 ou A-283-C, inclusive todos os acessórios de interligações das conexões e equipamentos de manobras, tais como parafuso, porcas, borrachas de vedações, etc.	m	Obras em execução	21,00	840,00	17.640,00
4.4.2	Fornecimento e montagem de Registro de gaveta com 800mm de diâmetro, com By-Pass, flange, volante, redutor de engrenagem, PN=10mca acionamento manual	ud	Obras em execução	1,00	24.000,00	24.000,00
4.4.3	Fornecimento e montagem de Registro de gaveta com 200mm de diâmetro, com By-Pass, flange, volante, redutor de engrenagem, PN=10mca acionamento manual	ud	Obras em execução	1,00	3.420,00	3.420,00
4.4.4	Junta de desmontagem com trava axial DN 800mm, fornecimento e montagem	ud	Obras em execução	1,00	960,00	960,00
4.4.5	Fornecimento e montagem de Válvula Borboleta com flanges DN 800mm com acionamento manual por volante	ud	Obras em execução	1,00	14.400,00	14.400,00
4.4.6	Fornecimento e montagem de grade de ferro para proteção da boca de montante	kg	Obras em execução	250,00	2,64	660,00
4.4.7	Fornecimento e montagem de Tê em aço com flange L=0,50m DN 800mm x 200mm	ud	Obras em execução	1,00	420,00	420,00
4.4.8	Fornecimento e montagem de toco de aço com flange ponta L=0,50m DN 800mm espessura	ud	Obras em execução	1,00	360,00	360,00
4.4.9	Revestimento externo com Tinta Primária em três demãos (zarcão = 2 demãos) + (alumínio = 1 demão) numa espessura total de 120 micra, aplicado nas tubulações em aço	m <sup>2</sup>	Obras em execução	60,70	14,40	874,08
4.4.10	Revestimento interno com COLTAR EPOXI AWWA - C-210 numa espessura mínima de 400 micra, aplicado nas tubulações em aço	m <sup>2</sup>	Obras em execução	52,78	16,80	886,70
4.4.11	Comporta tipo Stop-Log (fornecimento e montagem)	ud	Obras em execução	1,00	7.920,00	7.920,00
4.4.12	Vertedouro em chapa de aço (fornecimento e montagem)	ud	Obras em execução	1,00	3.536,06	3.536,06
	<b>Total do ítem 4</b>					<b>93.655,72</b>
<b>5.</b>	<b>BACIA HIDRÁULICA</b>					
5.1	Desmatamento racional da bacia hidráulica	ha	DNOCS 1: 01:730:2	2.775,00	687,26	1.907.146,50
	<b>Total do ítem 5</b>					<b>1.907.146,50</b>
	<b>TOTAL GERAL</b>					<b>5.365.886,34</b>



MONTGOMERY WATSON



EIXO: PAULA PESSOA

SEÇÃO TIPO: ENROCAMENTO COM NÚCLEO ARGILOSO (Projeto DNOCS)

## ORÇAMENTO

Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>1. TRABALHOS PREPARATÓRIOS:</b>						
1.1	Caminhos de Serviços com plataforma de 6,0m	km	DNOCS 1:01:511:2	5,00	1.436,59	7.182,95
1.2	Estrada de Acesso, faixa de domínio de 10,0m, greide colado, pista de rolamento de 6,0m e 0,15m de espessura, revestida em piçarra compactada, com valetas de drenagem, incluindo obras de arte e os aterros a estas associadas	km	DNOCS 1:01:530:2	1,50	14.459,13	21.688,70
1.3	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	m <sup>2</sup>	SRH - 01.01.01	785.650,00	0,07	54.995,50
1.4	Expurgo nas áreas de implant.da barragem e jazidas, c/bota-fora de até 0,30km, medido no corte	m <sup>3</sup>	SRH- 90.02.05	78.565,00	1,97	154.773,05
	<b>TOTAL DO ITEM 1</b>					<b>238.640,20</b>
<b>2. BARRAGEM</b>						
<b>2.1 Fundação:</b>						
2.1.1	Escav., carga, transp. e descarga com bota-fora até 0,30km, em material de 1ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	69.871,00	2,28	159.305,88
2.1.2	Escav., carga, transp.e descarga com bota-fora até 0,30km em material de 2ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.52	750,00	2,76	2.070,00
2.1.3	Escav., carga, transp.e descarga com bota fora até 0,30 km em material de 3ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.04.04	500,00	16,75	8.375,00
2.1.4	Escav.,carga, transp.e descarga de material de 1ª categ.da fundação c/ rebaixamento do lençol frático e bota-fora de 0,30 km	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:540:2	3.000,00	43,22	129.660,00
2.1.5	Escavação carga, transporte e descarga de material de 2ª categoria da fundação c/ rebaixamento do lençol frático e bota-fora de 0,30 km	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:560:2	150,00	48,66	7.299,00
2.1.6	Perfur. para injeção de cimento, com equipamento rotoperussivo diâm. de 2 1/2"	m	Obras em execução	2.100,00	59,00	123.900,00
2.1.7	Perfuração com equipamento rotativo diâmetro NX, inclusive ensaios.	m	DNOCS 1:08:812:2	525,00	183,66	96.421,50
2.1.9	Fornecimento de cimento e aplic.de injeção para imperm. da rocha da fundação	kg	SRH - 20.15.08	131.000,00	0,80	104.800,00
<b>2.2 Maciço</b>						
2.2.1	Escav., carga, transp.e descarga de material de 1ª categoria das jazidas até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	1.185.600,00	2,28	2.703.168,00
2.2.2	Fornecimento, inclusive extração, carga, britagem, transp.até 0,30km, descarga, espalh.mecânico e arrumação manual de material de 3ª categoria para Rip - Rap	m <sup>3</sup>	SRH -20.45.06	53.780,00	25,45	1.368.701,00
2.2.3	Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e adensamento de areia para filtros	m <sup>3</sup>	SRH -20.20.10	64.000,00	12,44	796.160,00
2.2.4	Transporte complementar do material de 1ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:090:2	2.964.000,00	1,08	3.201.120,00
2.2.6	Espalh. umedecimento e compact. do material argiloso na barragem e fundação	m <sup>3</sup>	SRH - 20.40.02	988.000,00	1,17	1.155.960,00
2.2.7	Fornec.,inclusive extração,carga,britagem,transp.até 0,30km,descarga,e exec.da transição	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:281:2	600,00	34,40	20.640,00
2.2.8	Fornecimento, inclusive, extração, carga, britagem, transporte até 0,30km, descarga, espalhamento e compactação do enrocamento (Rock - Fill)	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:209/210/90/2	2.400,00	13,73	32.952,00
2.2.9	Fornecimento do revestimento para o talude de jusante, pedrisco ou cascalho, inclusive extração, carga, transporte, descarga espalhamento e compactação	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:281:2	16.134,00	10,32	166.502,88
2.2.10	Regularização manual e compactação dos taludes	m <sup>2</sup>	SRH -20.50.02	116.977,04	2,73	319.347,32
2.2.11	Transporte complementar do material de 3ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:110:2	107.560,00	1,29	138.752,40
<b>2.3 Drenagem</b>						
2.3.1	Concr.armado inclusive formas e ferro c/consumo de 300kg de cim. m <sup>3</sup> p/calha coletora e descida d'água	m <sup>3</sup>	SRH-90.30.20	280,00	516,08	144.502,40
2.3.2	Fornec.e assent.de meio-fio, concr.simples consumo de 300 kg/m <sup>3</sup> ,para o coroamento da barragem	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:07:040:3	109,49	496,84	54.399,01
2.3.3	Alvenaria de pedra no traço 1:3 de cimento e areia para canaletas das ombreiras	m <sup>3</sup>	SRH-12.12.10	45,00	106,87	4.809,15
	<b>TOTAL DO ITEM 2</b>					<b>10.738.845,54</b>
<b>3. SANGRADOURO:</b>						
<b>3.1 Escavação:</b>						
3.1.1	Escav.,carga,transp. e descarga de material de 1ªcategoria c/transporte até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	12.878,00	2,28	29.361,84
3.1.2	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 2ª categoria c/bota-fora até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.52	1.431,00	2,76	3.949,56
3.1.3	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 3ª categoria c/ bota-fora até 0,30 km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.04.04	52.870,00	16,75	885.572,50
	<b>TOTAL DO ITEM 3</b>					<b>918.883,90</b>





MONTGOMERY WATSON



EIXO: PAULA PESSOA

SEÇÃO TIPO: ENROCAMENTO COM NÚCLEO ARGILOSO (Projeto DNOCS)

## ORÇAMENTO

Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>4. TOMADA D'ÁGUA</b>						
<b>4.1 Escavação:</b>						
4.1.1	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 1ªcategoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.07.02	27,00	2,28	61,56
4.1.2	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 2ªcategoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.07.52	26,00	2,76	71,76
4.1.3	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 3ªcategoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.04.04	510,30	16,75	8.547,53
4.1.4	Reaterro lateral com compactação manual	m³	SRH - 15.18.02	1.134,00	8,74	9.911,16
<b>4.2 Canal de acesso</b>						
4.2.1	Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação do material do enrocamento	m³	SRH - 20.45.06	6,00	25,45	152,70
<b>4.3 Concreto:</b>						
4.3.1	Concreto armado com fck = 15 MPa para galeria, boca de montante e medidor de vazão	m³	SRH -90.30.20	889,40	516,08	459.001,55
4.3.2	Concreto armado fck = 15 MPa para caixa de saída	m³	SRH -90.30.20	36,00	516,08	18.578,88
4.3.3	Concreto simples com consumo de cimento de 200kg/m³ para regularização	m³	SRH - 90.30.03	189,00	151,77	28.684,53
4.3.4	Alvenaria de pedra argamassada no traço 1:3 de cimento areia, inclusive forma	m³	SRH - 12.12.10	3,00	106,87	320,61
4.3.5	Fornecimento e assentamento de Junta de vedação Fungeband Tipo O-22	m	DNOCS-1:09:040:3	84,00	56,26	4.725,84
<b>4.4 Equipamento Hidráulico/Mecânico</b>						
4.4.1	Fornecimento e montagem de Tubo de aço com diâmetro de 800 mm, espessura de 3/8", aço ASTM-A-36 ou A-283-C, inclusive todos os acessórios de interligações das conexões e equipamentos de manobras, tais como parafuso, porcas, borrachas de vedações, etc.	m	Obras em execução	136,00	840,00	114.240,00
4.4.2	Fornecimento e montagem de Registro de gaveta com 800mm de diâmetro, com By-Pass, flange, volante, redutor de engrenagem, PN=10mca acionamento manual	ud	Obras em execução	1,00	24.000,00	24.000,00
4.4.3	Fornecimento e montagem de Registro de gaveta com 200mm de diâmetro, com By-Pass, flange, volante, redutor de engrenagem, PN=10mca acionamento manual	ud	Obras em execução	1,00	3.420,00	3.420,00
4.4.4	Junta de desmontagem com trava axial DN 800mm, fornecimento e montagem	ud	Obras em execução	1,00	960,00	960,00
4.4.5	Fornecimento e montagem de Válvula Borboleta com flanges DN 800mm com acionamento manual por volante	ud	Obras em execução	1,00	14.400,00	14.400,00
4.4.6	Fornecimento e montagem de grade de ferro para proteção da boca de montante	kg	Obras em execução	250,00	2,64	660,00
4.4.7	Fornecimento e montagem de Tê em aço com flange L=0,50m DN 800mm x 200mm	ud	Obras em execução	1,00	420,00	420,00
4.4.8	Fornecimento e montagem de toco de aço com flange ponta L=0,50m DN 800mm espessura	ud	Obras em execução	1,00	360,00	360,00
4.4.9	Revestimento externo com Tinta Primária em três demãos (zarcão = 2 demãos) + (alumínio = 1 demão) numa espessura total de 120 micra, aplicado nas tubulações em aço	m²	Obras em execução	512,70	14,40	7.382,88
4.4.10	Revestimento interno com COLTAR EPOXI AWWA - C-210 numa espessura mínima de 400 micra, aplicado nas tubulações em aço	m²	Obras em execução	512,70	16,80	8.613,36
4.4.11	Comporta tipo Stop-Log (fornecimento e montagem)	ud	Obras em execução	1,00	7.920,00	7.920,00
4.4.12	Vertedouro em chapa de aço (fornecimento e montagem)	ud	Obras em execução	1,00	3.536,06	3.536,06
<b>TOTAL DO ITEM 4</b>						<b>715.968,42</b>
<b>5. BACIA HIDRÁULICA</b>						
5.1	Desmatamento racional da bacia hidráulica	ha	SRH-01.01.05/06	2.489,00	687,26	1.710.590,14
<b>TOTAL DO ITEM 5</b>						<b>1.710.590,14</b>
<b>TOTAL GERAL</b>						<b>14.322.928,19</b>



MONTGOMERY WATSON



EIXO: PAULA PESSOA

SEÇÃO TIPO: TERRA HOMOGÊNEA ( variante do projeto Dnocs)

## ORÇAMENTO

Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>1. TRABALHOS PREPARATÓRIOS:</b>						
1.1	Caminhos de Serviços com plataforma de 6,0m	km	DNOCS 1:01:511:2	5,00	1.436,59	7.182,95
1.2	Estrada de Acesso, faixa de domínio de 10,0m, greide colado, pista de rolamento de 6,0m e 0,15m de espessura, revestida em piçarra compactada, com valetas de drenagem, incluindo obras de arte e os aterros a estas associadas	km	DNOCS 1:01:530:2	1,50	14.459,13	21.688,70
1.3	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	m <sup>2</sup>	SRH - 01.01.01	393.650,00	0,07	27.555,50
1.4	Expurgo nas áreas de implant.da barragem e jazidas, c/bota-fora de até 0,30km, medido no corte	m <sup>3</sup>	SRH- 90.02.05	39.365,00	1,97	77.549,05
	<b>TOTAL DO ITEM 1</b>					<b>133.976,20</b>
<b>2. BARRAGEM</b>						
<b>2.1 Fundação:</b>						
2.1.1	Escav., carga, transp. e descarga com bota-fora até 0,30km, em material de 1ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	69.871,00	2,28	159.305,88
2.1.2	Escav., carga, transp.e descarga com bota-fora até 0,30km em material de 2ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.52	750,00	2,76	2.070,00
2.1.3	Escav., carga, transp.e descarga com bota fora até 0,30 km em material de 3ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.04.04	500,00	16,75	8.375,00
2.1.4	Escav.,carga, transp.e descarga de material de 1ª categ.da fundação c/ rebaixamento do lençol frático e bota-fora de 0,30 km	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:540:2	3.000,00	43,22	129.660,00
2.1.5	Escavação carga, transporte e descarga de material de 2ª categoria da fundação c/ rebaixamento do lençol frático e bota-fora de 0,30 km	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:560:2	150,00	48,66	7.299,00
2.1.6	Perfur. para injeção de cimento, com equipamento rotopercussivo diâm. de 2 1/2"	m	Obras em execução	2.100,00	59,00	123.900,00
2.1.7	Perfuração com equipamento rotativo diâmetro NX, inclusive ensaios.	m	DNOCS 1:08:812:2	525,00	183,66	96.421,50
2.1.9	Fornecimento de cimento e aplic.de injeção para imperm. da rocha da fundação	kg	SRH - 20.15.08	131.000,00	0,80	104.800,00
<b>2.2 Maciço</b>						
2.2.1	Escav., carga, transp.e descarga de material de 1ª categoria das jazidas até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	520.000,00	2,28	1.185.600,00
2.2.3	Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e adensamento de areia para filtros	m <sup>3</sup>	SRH -20.20.10	64.360,00	12,44	800.638,40
2.2.4	Transporte complementar do material de 1ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:090:2	1.200.000,00	1,08	1.296.000,00
2.2.6	Espalh. umedecimento e compact. do material argiloso na barragem e fundação	m <sup>3</sup>	SRH - 20.40.02	400.000,00	1,17	468.000,00
2.2.7	Fornec.,inclusive extração,carga,britagem,transp.até 0,30km,descarga,e exec.da transição	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:281:2	600,00	34,40	20.640,00
2.2.8	Fornecimento, inclusive, extração, carga, britagem, transporte até 0,30km, descarga, espalhamento e compactação do enrocamento	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:209/210/90/2	652.000,00	13,73	8.951.960,00
2.2.9	Fornecimento do revestimento para o talude de jusante, pedrisco ou cascalho, inclusive extração, carga, transporte, descarga espalhamento e compactação	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:281:2	16.134,00	10,32	166.502,88
2.2.11	Transporte complementar do material de 3ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:110:2	104.000,00	1,29	134.160,00
<b>2.3 Drenagem</b>						
2.3.1	Concr.armado inclusive formas e ferro c/consumo de 300kg de cim. m <sup>3</sup> p/calha coletora e descida d'água	m <sup>3</sup>	SRH-90.30.20	280,00	516,08	144.502,40
2.3.2	Fornec.e assent.de meio-fio, concr.simples consumo de 300 kg/m <sup>3</sup> ,para o coroamento da barragem	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:07:040:3	109,49	496,84	54.399,01
2.3.3	Alvenaria de pedra no traço 1:3 de cimento e areia para canaletas das ombreiras	m <sup>3</sup>	SRH-12.12.10	45,00	106,87	4.809,15
	<b>TOTAL DO ITEM 2</b>					<b>13.859.043,22</b>
<b>3. SANGRADOURO:</b>						
<b>3.1 Escavação:</b>						
3.1.1	Escav.,carga,transp. e descarga de material de 1ªcategoria c/transporte até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	12.878,00	2,28	29.361,84
3.1.2	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 2ª categoria c/bota-fora até 0,30km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.52	1.431,00	2,76	3.949,56
3.1.3	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 3ª categoria c/ bota-fora até 0,30 km	m <sup>3</sup>	SRH - 01.04.04	52.870,00	16,75	885.572,50
	<b>TOTAL DO ITEM 3</b>					<b>918.883,90</b>



MONTGOMERY WATSON



EIXO: PAULA PESSOA

SEÇÃO TIPO: TERRA HOMOGÊNEA ( variante do projeto Dnocs)

## ORÇAMENTO

Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>4. TOMADA D'ÁGUA</b>						
<b>4.1 Escavação:</b>						
4.1.1	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 1ªcategoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.07.02	27,00	2,28	61,56
4.1.2	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 2ªcategoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.07.52	26,00	2,76	71,76
4.1.3	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 3ªcategoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.04.04	510,30	16,75	8.547,53
4.1.4	Reaterro lateral com compactação manual	m³	SRH - 15.18.02	1.134,00	8,74	9.911,16
<b>4.2 Canal de acesso</b>						
4.2.1	Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação do material do enrocamento	m³	SRH - 20.45.06	6,00	25,45	152,70
<b>4.3 Concreto:</b>						
4.3.1	Concreto armado com fck = 15 MPa para galeria, boca de montante e medidor de vazão inclusive ferro, forma e escoramento	m³	SRH -90.30.20	889,40	516,08	459.001,55
4.3.2	Concreto armado fck = 15 MPa para caixa de saída	m³	SRH -90.30.20	36,00	516,08	18.578,88
4.3.3	Concreto simples com consumo de cimento de 200kg/m³ para regularização	m³	SRH - 90.30.03	189,00	151,77	28.684,53
4.3.4	Alvenaria de pedra argamassada no traço 1:3 de cimento areia, inclusive forma	m³	SRH - 12.12.10	3,00	106,87	320,61
4.3.5	Fornecimento e assentamento de Junta de vedação Fungeband Tipo O-22	m	DNOCS-1:09:040:3	84,00	56,26	4.725,84
<b>4.4 Equipamento Hidráulico/Mecânico</b>						
4.4.1	Fornecimento e montagem de Tubo de aço com diâmetro de 800 mm, espessura de 3/8", aço ASTM-A-36 ou A-283-C, inclusive todos os acessórios de interligações das conexões e equipamentos de manobras, tais como parafuso, porcas, borrachas de vedações, etc.	m	Obras em execução	136,00	840,00	114.240,00
4.4.2	Fornecimento e montagem de Registro de gaveta com 800mm de diâmetro, com By-Pass, flange, volante, redutor de engrenagem, PN=10mca acionamento manual	ud	Obras em execução	1,00	24.000,00	24.000,00
4.4.3	Fornecimento e montagem de Registro de gaveta com 200mm de diâmetro, com By-Pass, flange, volante, redutor de engrenagem, PN=10mca acionamento manual	ud	Obras em execução	1,00	3.420,00	3.420,00
4.4.4	Junta de desmontagem com trava axial DN 800mm, fornecimento e montagem	ud	Obras em execução	1,00	960,00	960,00
4.4.5	Fornecimento e montagem de Válvula Borboleta com flanges DN 800mm com acionamento manual por volante	ud	Obras em execução	1,00	14.400,00	14.400,00
4.4.6	Fornecimento e montagem de grade de ferro para proteção da boca de montante	kg	Obras em execução	250,00	2,64	660,00
4.4.7	Fornecimento e montagem de Tê em aço com flange L=0,50m DN 800mm x 200mm	ud	Obras em execução	1,00	420,00	420,00
4.4.8	Fornecimento e montagem de toco de aço com flange ponta L=0,50m DN 800mm espessura	ud	Obras em execução	1,00	360,00	360,00
4.4.9	Revestimento externo com Tinta Primária em três demãos (zarcão = 2 demãos) + (alumínio = 1 demão) numa espessura total de 120 micra, aplicado nas tubulações em aço	m²	Obras em execução	512,70	14,40	7.382,88
4.4.10	Revestimento interno com COLTAR EPOXI AWWA - C-210 numa espessura mínima de 400 micra, aplicado nas tubulações em aço	m²	Obras em execução	512,70	16,80	8.613,36
4.4.11	Comporta tipo Stop-Log (fornecimento e montagem)	ud	Obras em execução	1,00	7.920,00	7.920,00
4.4.12	Vertedouro em chapa de aço (fornecimento e montagem)	ud	Obras em execução	1,00	3.536,06	3.536,06
<b>TOTAL DO ITEM 4</b>						<b>715.968,42</b>
<b>5. BACIA HIDRÁULICA</b>						
5.1	Desmatamento racional da bacia hidráulica	ha	SRH-01.01.05/06	2.489,00	687,26	1.710.590,14
<b>TOTAL DO ITEM 5</b>						<b>1.710.590,14</b>
<b>TOTAL GERAL</b>						<b>17.338.461,87</b>

## 4.6. AÇUDE FRECHEIRINHA

### 4.6.1. Generalidades

O projeto executivo do açude Público Frecheirinha elaborado no ano de 1987, em decorrência da Tomada de Preço nº 18/87 – DGO-G, estabelecido entre o DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas e a Sirac – Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria Ltda, teve como objetivo a consolidação, de dados e estudos existentes sobre a região e elaboração de um detalhamento das obras projetadas

A obra em questão barra o Rio Caiçara, localizado ao Norte do Estado do Ceará, próximo a cidade de Frecheirinha, possibilitando a criação de um reservatório de 85hm<sup>3</sup>, que irá constituir-se numa fonte para a irrigação de uma extensa área aluvionar no Vale do Rio Caiçara, a jusante da barragem, bem como reforçar o abastecimento de água para as cidades circunvizinhas.

A necessidade de armazenamento de água na região, foi identificada durante o desenvolvimento do Estudo de Viabilidade do Vale do Coreaú, que identificou entre as manchas de solos irrigáveis no vale, uma a jusante de localidade de Frecheirinha, denominada mancha de Frecheirinha, com um potencial de solo irrigáveis de aproximadamente 3.000ha, que necessitaria de uma disponibilidade hídrica de 100hm<sup>3</sup>, para o seu aproveitamento com um nível de garantia de 95%

Durante os estudos topográficos, realizados no desenvolvimento do Projeto Executivo do açude Frecheirinha foi identificada a existência de uma linha de transmissão, de alta tensão, de propriedades da CHESF, que ficaria submersa caso se projetasse a obra com um volume de acumulação de 100hm<sup>3</sup>, conforme solicitado no Estudo de Viabilidade de Vale do Coreaú.

Desenvolveu-se, portanto o projeto buscando o máximo aproveitamento dos recursos hídricos e topográficos da bacia, considerando, entretanto, os limites técnicos e econômicos identificados com a existência das torres da CHESF.

A seguir são descritos a concepções básicos do referido projeto e atualizados os custos das obras idealizadas.

O conjunto de obras projetadas para o DNOCS consta de um maciço principal, de terra, zoneado, com 615m de extensão, que se desenvolve ao longo de um eixo curvo com

coroamento na cota 135,50m; de cinco diques projetados sobre os pontos de fuga da bacia hidráulica, sendo o dique 1 localizado na ombreira esquerda e os demais na ombreira direita, de um sangradouro de tipo labirinto com 100m de largura e soleira na cota 133,00m, e de uma tomada d'água do tipo galeria localizada na ombreira esquerda.

#### **4.6.2. Localização e Acesso**

O Açude Frecheirinha está localizado no Rio Caiçara, distando de aproximadamente 3,5 km da cidade de Frecheirinha, e ligada a esta por uma estrada carroçável que se inicia próximo a ponte da BR-22 sobre o rio Caiçara, que segue até a localidade de Contendas.

A cidade de Frecheirinha localiza-se na região norte do Estado e sua distância até Fortaleza é de 290km. O acesso ao município, partindo de Fortaleza é feita através da BR-222.

Na ombreira esquerda foram registradas as seguintes coordenadas: N 9.582.092 e E 301.911.

#### **4.6.3. Geologia Regional e Local**

- **Geologia Regional**

No que concerne a geologia, este amplo peneplano assenta-se quase totalmente sobre as rochas do paleozóico e secundariamente sobre área de rocha pré-cambrinas.

A região de implantação das obras apresenta uma situação relativamente simples sob o aspecto geológico, pois a mesma é representada na sua grande maioria por ardósias da Formação Caiçara e secundariamente por arenitos da Formação Coreaú.

As ardósias da Formação Caiçara, estão presente por toda a área em estudo. Apresentam-se em forma de espessos pacotes de cor avermelhada, laminada e clivagem ardosiana bem desenvolvida. Esta rocha desagrega-se facilmente em placas lisas segundo uma direção preferencial de clivagem. Apresenta geralmente composição argilosa e siltosa e é bastante sedosa ao tato.

Os arenitos se apresentam em uma estreita faixa de domínio ao longo de uma crista alinhada, geralmente em forma de blocos rolados com dimensões que variam desde blocos centimétricos até matacões.

Sob o aspecto geomecânico, o substrato rochoso na área de implantação das obras se apresenta mediamente fraturado, com fraturas geralmente preenchidas, podendo ocorrer pontos específicos em que as fraturas se encontram abertas.

No tocante ao aspecto hidráulico, o maciço rochoso de uma maneira geral apresenta características de transmissibilidade hidráulica de baixa a média, apesar dos sistemas de fratura e plano de clivagem existentes, indicando que, em sua grande maioria, se encontraram geralmente preenchidas, podendo ocorrer entretanto, trechos localizados com alta transmissibilidade.

- **Geologia Local**

Geologicamente a área em estudo é formada por duas unidades lito-estratigráficas: os arenitos da Formação Coreau e as ardósia da formação Caiçaras.

Petrograficamente a Formação Coreau caracteriza-se por uma associação de sedimentos clássicos imaturos com dominância de arenitos de cores claras variando de creme a cinza, amarelado, de granulação média a fina, bastante endurecidos, podendo apresentar silicificação em áreas tecnicamente favoráveis.

Estes arenitos se apresentam em uma estreita faixa de domínio a Nordeste da área, ao longo de uma crista alinhada. Aparecem também na área, em forma de blocos rolados principalmente nas áreas de cotas mais elevadas. As dimensões desse blocos variam desde blocos centimétricos até matações.

A segunda unidade, ou seja, as ardósias da formação Caiçaras, estão presentes por toda a área em estudo. Nos afloramentos apresentam-se como espessos pacotes de cor avermelhada, laminada e clivagem ardosiana bem desenvolvida. Estas ardósias apresentam grande fissilidade, desagregando-se facilmente em placas lisas segundo uma direção preferencial de clivagem. Apresentam cores avermelhadas a róseo-avermelhada com manchas de descoloração creme esbranquiçada, que conferem aos afloramentos um aspecto mosqueado. São rocha de composição argiloso e síltica, sedosa ao tato e bastante compactas.

Não foi observado nenhum evento estrutural de relevância, sendo notado apenas os sistemas de clivagem ardosiana, fraturamentos e pequenas falhas. Os sistema de clivagem apresentam uma direção média preferencial de 30° N/50° SE.

Os depósitos aluvionares estão distribuídos na calha principal do rio e nas planícies aluvionares. Estes depósitos apresentam, espessuras que variam de 4 e 7 metros e são formados geralmente por sedimentos silto arenoso e/ou silto-areno-argiloso.

Os sedimentos da calha do rio são representados por um pacote arenoso, com espessura que varia de 1 a 1,5 metros formados a areia de granulometria média a grossa.

#### **4.6.4. Estudos Geotécnicos**

Os estudos geotécnicos realizados no âmbito do projeto constaram das investigações de superfície através do mapeamento geológico/geotécnico, e de subsuperfície através da execução de sondagens a percussão, mista e rotativa, complementadas pela execução de poços de inspeção realizados a pá e picareta.

A definição da permeabilidade da fundação foi feita através de ensaios de infiltração (Lefranc) em solo e perda d'água (Lugeon) no maciço rochoso.

##### **4.6.4.1. Investigações de Subsuperfície**

As investigações de subsuperfície consistiram de sondagens a percussão, mista e rotativa, que permitiram uma caracterização completa da fundação das obras no trecho do leito do rio e no terreno aluvionar, onde ocorre o pacote aluvionar, e das ombreiras naturais, onde existe uma grande quantidade de blocos areníticos sobrepostos ao embasamento rochoso formado por ardósia.

Com a finalidade de definir as características e o desempenho do pacote aluvionar, foi executada uma campanha de sondagens a percussão no eixo da barragem complementadas com uma linha de sondagens a montante e outra a jusante do eixo até o impenetrável, sendo que no eixo da barragem estas sondagens foram complementadas por sondagens rotativas, denominadas (sondagens mistas) tendo como objetivo caracterizar o substrato rochoso, formado por ardósia e blocos de arenito, sob condições hidráulica e geomecânicas.

O depósito aluvionar apresenta uma espessura variando entre 1,5 e 8,50m e é formada principalmente por silte-arenoso de cor cinza, apresentando intercalações de argila-siltosa como observado nas sondagens SM-7 e SM-2, ou areia média a grossa como verificando nas sondagens SM-4 e SM-3. Os valores de SPT obtidos nesse depósito aluvionar variam de 4 a 45 golpes sendo que os valores de SPT mais baixos são observados superficialmente e

crescentes com a profundidade. O valor médio da permeabilidade desta camada aluvionar é de  $10^{-5}$ cm/s, podendo ocorrer pontos localizados com permeabilidade de  $10^{-3}$ cm/s e  $10^{-6}$ cm/s.

Com a finalidade de caracterizar o substrato rochoso do eixo da barragem, as sondagens a percussão foram complementadas por sondagens rotativas. Com base nestas investigações e nos estudos geológicos de superfície, o maciço será assente sobre rocha ardósiana e/ou em pontos localizados sobre blocos de arenito. Em um contexto geral o substrato rochoso ardósiana se apresenta normalmente homogêneo sob o aspecto geomecânico, fraturado, e com planos de clivagem ardósiana geralmente horizontal. As fraturas se encontram geralmente preenchidas, podendo eventualmente se encontrar fraturas não seladas apresentando indícios de percolação de água através destas, como também pelos planos de clivagem.

O percentual de recuperação destas investigações é relativamente baixo em alguns trechos, variando entre 5 e 30%, no entanto, existem trechos localizados com percentual de recuperação variando entre 50 e 90% como foi observado nas sondagens SM-2, SM-4, SM-6 e SM-7.

Sobre o ponto de vista hidráulico o embasamento rochoso apresenta as seguintes condições:

As fraturas se encontram geralmente seladas, como é observado nos testemunhos de sondagens, estas fraturas se apresentam em sua grande maioria com orientações horizontais e subverticais, ocorrendo também em menor escala fraturas verticais. O número de fraturas varia bastante, ocorrendo uma média de 10 a 15 fraturas por metro de rocha recuperada.

Apesar dos sistemas de fraturamentos e os planos de clivagem ardósiana existentes, a percolação de água através dessas feições atinge valores relativamente baixos, variando entre 0,01 e 8,31/min/m/kg/cm<sup>2</sup>. Existem grandes trechos com perda d'água nula como foi observado nas sondagens SM-2, SM-5 e SM-6 e alguns trechos localizados com perda d'água elevada chegando a atingir entre 10 e 11,51/min/m/kg/cm<sup>2</sup>.

A área de implantação do sangradouro apresenta na parte mais elevada do morro uma grande qualidade de bloco de arenito, sobrepondo-se ao embasamento rochoso ardósiano o qual se estende pelas encostas do morro até a base deste.

Os blocos de arenito são geralmente de cores claras variando de creme a cinza amarelado, de granulação média a fina bastante endurecidos, podendo apresentar silicificação. O embasamento ardósiano se apresenta geralmente laminado com clivagem bem desenvolvida



que desagrega-se facilmente em placas, características estas que indicam ser este material rochoso pouco resistente ao arraste ocasionado pelo fluxo de água.

No local de implantação da tomada d'água foi realizada uma campanha de 2 sondagens rotativas com finalidade de caracterizar a rocha ardósiana quanto ao aspecto geomecânico.

Superficialmente tem-se uma camada de solo de alteração sobrepondo-se ao substrato rochoso ardósiano. A ardósia apresenta-se alterada com recuperação nula, possivelmente ocasionada pela grande presença de minerais micáceos.

#### **4.6.4.2. Materiais de Empréstimos**

O estudo dos materiais de empréstimos constaram do reconhecimento dos materiais de empréstimos existentes nas proximidades do eixo da barragem, cujas características permitissem a utilização do maciço e obras de concreto.

Foram estudadas quatro áreas de empréstimos sendo que três de materiais provindos da alteração da ardósia com características areno-argilo-siltosa situada a jusante do eixo da barragem.

Das áreas de empréstimo estudadas, a área 2, localizada a jusante do eixo dentro da mancha de solos que futuramente deverá ser irrigada, não é aconselhada a sua utilização na construção das obras, a não ser com autorização do DNOCS, caso as demais áreas estudadas não sejam suficiente.

Nos estudos dos materiais arenoso, para utilização nas obras de concreto e nos drenos dos barramentos, foi realizadas uma série de poços de inspeção ao longo do rio Caiçara, onde foi identificada quantidade suficiente de areia quartzosa, média a grossa, com características adequadas às necessidades das obras.

Os materiais rochosos a serem empregados nas obras serão provenientes das rochas areníticas existentes nas ombreiras, e da pedreira de rocha granítica são, de coloração acinzentada, com excelentes características de resistência, que se localiza a montante do eixo da barragem próximo a Serra do Carnutim.

As características dos materiais de empréstimos, são apresentadas resumidamente no quadro a seguir:

### Quadro Resumo das Características das Áreas de Empréstimo

	VALOR/LIMITE	PLASTICIDADE			COMPACTAÇÃO		CLASSIFICAÇÃO	VOLUME DISPONÍVEL (m <sup>3</sup> )	DISTÂNCIA MÉDIA DE TRANS. (km)
		LL	LP	IP	$\gamma_{sm}$ (g/cm <sup>2</sup> )	Hot (%)			
ÁREA DE EMPRÉSTIMO 1	MÁXIMO	40	21	19	2,0	16,8	SC	200.000	0,30
	MÍNIMO	28	18	10	1,79	11,0	GC		
	MÉDIO	33	19	14	1,89	14,0	SC		
ÁREA DE EMPRÉSTIMO 2	MÁXIMO	46	17	29	2,04	19,8	SC	800.000	1,0
	MÍNIMO	19	16	3	1,77	8,3	SM		
	MÉDIO	34	18	16	1,90	14,2	SC		
ÁREA DE EMPRÉSTIMO 3	MÁXIMO	46	14	32	1,92	15,3	SC	300.000	2,0
	MÍNIMO	27	16	11	1,85	12,9	SC		
	MÉDIO	36	14	22	1,88	14,2	SC		
ÁREA DE EMPRÉSTIMO 4	MÁXIMO	38	14	24	2,02	16,6	SC	1.000,000	2,5
	MÍNIMO	18	16	2	1,69	12,9	SC		
	MÉDIO	29	16	13	1,90	14,9	SC		

Os materiais rochosos a serem utilizados na construção das obras são provenientes da ocorrência de blocos de arenitos localizados nas ombreiras naturais de barragem, ou de pedreira de rocha granítica, que dista 6,0 km do eixo da barragem, situada na localidade Roça do Mato, nas proximidades da Serra de Carnutum.

#### 4.6.5. Estudos Topográficos

Os estudos topográficos básicos, utilizados no projeto, constaram do clássico levantamento planialtimétrico da bacia hidráulica e do local da implantação das obras, que permitiram a confecção de plantas em escalas compatíveis com as dimensões das obras.

Na área da bacia hidráulica o levantamento foi realizado com o objetivo de se obter uma planta planialtimétrica na escala 1:5.000, com curvas de nível eqüidistantes de 5 em 5 metros. Este levantamento foi realizado até a cota 140m.



No local de implantação das obras foi executado um levantamento planialtimétrico detalhado, com piquetes locados e nivelados a cada 20m e seccionados também a cada 20m, numa faixa de domínio de 500m. Deste levantamento foi confeccionada uma carta na escala 1:1000 com curvas de nível eqüidistantes a cada metro.

Estes estudos foram complementados com implantação de marcos topográficos que servirão de base para amarração das obras

Os levantamentos tiveram suas origens em marcos topográficos do IBGE e obedeceram as especificações técnicas usuais para estes serviços.

#### 4.6.6. Estudo Hidrológicos

O estudo de descarga máxima provável desenvolvido reuniu informações para o dimensionamento do sangradouro do açude Frecheirinha. Para tanto, os estudos foram dirigidos no sentido de determinar os hidrogramas referentes a cada freqüência de cheia de interesse do projeto. As freqüências adotadas são relativas aos perímetros de recorrência de 100 a 1.000 anos.

Para caracterização da bacia do ponto de vista de chuvas intensas, utilizou-se a série histórica das máximas chuvas diárias do posto Ibiapina, situado próximo ao centro geométrico da referida bacia. Para tal série obteve-se:

$N = 71$  .....(número de anos)

$PN = 84,4$  .....(precipitação média das máximas anuais)

$S = 32,0$  .....(desvio padrão)

$G = 1,16$  .....(assimetria)

No item chuvas intensas verifica-se que as coordenadas do centro de gravidade da bacia  $3^{\circ}50'N$  e  $39^{\circ}40'W$  correspondem a isozona F, onde a chuva de uma hora de duração corresponde a 42,2% e 40,9% da chuva de 24 horas para os períodos de retorno de 100 e 1.000 anos, respectivamente. Deve-se notar que, na realidade, a chuva diária tem duração inferior a 24 horas e, portanto, dever ser acrescida em 10%. As chuvas de projeto são mostradas no quadro seguinte.

## Chuvas de Projetos

Incremento das Precipitação	Período de Retorno			
	100 anos		1.000 anos	
	24 Horas	1 Horas	24 Horas	1 Horas
1º dia	213,0	89,9	218,3	115,1
2º dia	55,4	23,4	69,3	28,3
3º dia	45,7	19,3	53,1	21,7

A chuva pontual foi convertida em chuva para toda bacia resultando nos valores do quadro seguinte:

Incremento das Precipitação	Período de Retorno			
	100 anos		1.000 anos	
	24 Horas	1 Horas	24 Horas	1 Horas
1º dia	176,8	78,2	244,0	100,1
2º dia	46,0	20,4	57,5	24,6
3º dia	37,9	16,8	22,4	18,9

O tempo de concentração foi calculado segundo a Fórmula de Kirpich obtendo-se para a bacia de Frecheirinha o valor de  $T_c = 6,5$  horas.

Para a conversão de chuva em deflúvio, utilizou-se o método preconizado pelo S.C.S. e para a bacia do Açude Frecheirinha com solo areno argiloso e cobertura vegetal xerófila superior a 50% de área total e com uma altura de precipitação média da somatória dos 5 dias antecedentes do dia da máxima precipitação superior a 20,0mm, adotou-se um valor de  $CN=70$ . De onde resulta:

$$S = 108,9\text{mm}$$

Os hidrogramas de cheias foram estabelecidos para chuvas de 16h de duração com períodos de recorrência de 100 a 1.000 anos. O amortecimento das ondas cheias em reservatórios foi obtido pela resolução da equação de armazenamento, baseada na equação da lei de continuidade.

A referida equação aplica-se a partir da condição inicial em que o reservatório se encontra com o nível d'água na soleira do sangradouro.

O Sangradouro projetado é do tipo labirinto com largura equivalente de 530m obedecendo a seguinte equação:

$$Q = C.L.h^{1/5}$$

Onde:

Q = vazão em m<sup>3</sup>/s;

L = largura do sangradouro;

H = altura da lâmina de sangria;

C = constante (características do sangradouro0 com C = 2,0 e L = 530 metros, temos:

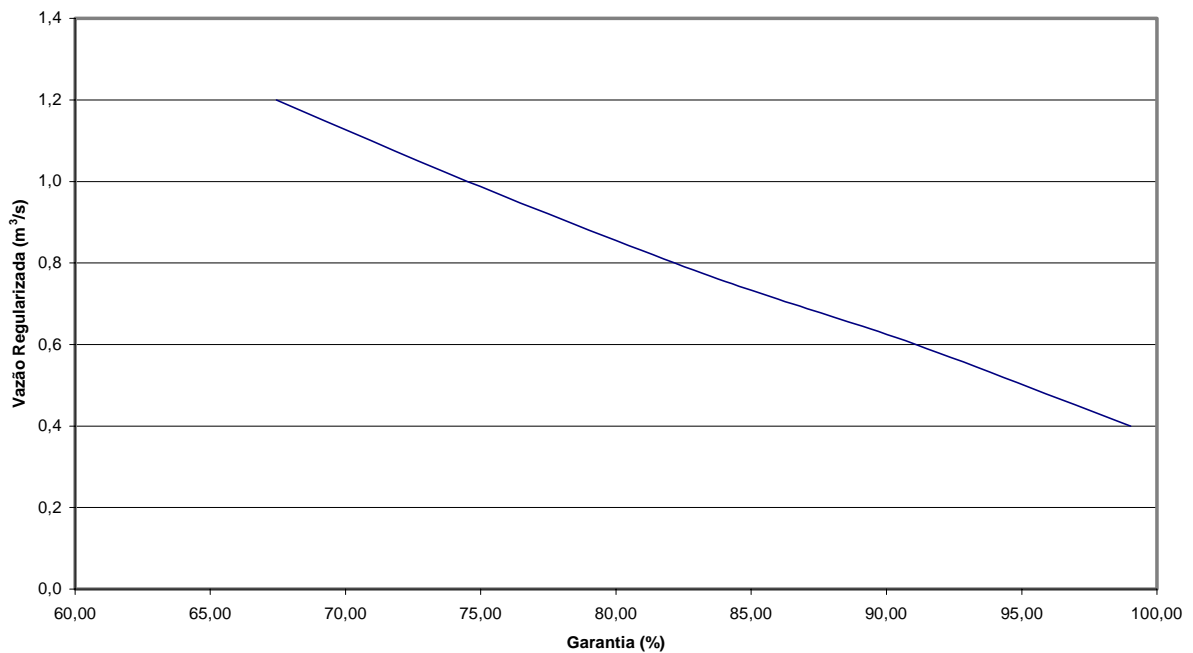
$$Q = 1.060.H^{1/5}$$

Utilizando-se com “input”o hidrograma composto pelos hidrogramas simples construídos a partir dos incrementos de chuva para cada dia da chuvas milenar e centenária de três dias de duração, aplicou-se a metodologia acima descrita para descrever o efeito laminador do Açude Frecheirinha.

#### – Curva de Regularização do Açude Frecheirinha

Em complementação aos estudos hidrológicos, apresenta-se a seguir a curva de regularização para o açude Frecheirinha.

Curva de Regularização do Açude Frecheirinha



#### 4.6.7. Arranjo Geral das Obras

Para a definição do arranjo geral das obras foram considerados os condicionamentos topográficos da bacia hidráulica, geotécnicos do local de implantação das obras e analisadas diversas opções de distribuição das estruturas, sangradouro e tomada d'água, buscando um posicionamento favorável para as mesmas, em relação às características técnicas gerais do local da obra.

Procurou-se desenvolver o projeto com o objetivo de se conseguir o maior aproveitamento da região irrigável, explorando ao máximo sua capacidade de acumulação.

Durante o desenvolvimento do projeto, identificaram-se vários fatores limitantes que dificultaram a definição das obras, que são os seguintes:

- a) Vários pontos de fugas onde deveriam ser construídas barragens auxiliares;
- b) Ombreira direita com geometria delgada na sua parte superior, que necessitaria de injeções de impermeabilização para evitar eventuais fluxos d'água;
- c) Existência, na área de montante, de uma linha de transmissão, de alta tensão, de CHESF com torre na cota mínima: 130,89m.

Destes fatores foi considerado decisivo, na definição da cota da solteira e nível máximo maximorum; a existência de linha de transmissão da CHESF.

Estudou-se para a solteira do sangradouro uma cota que interferisse ao mínimo com as torres de transmissão existentes, considerando entretanto, a necessidade de um aproveitamento máximo dos recursos hídricos da bacia hidrográfica.

A soleira do sangradouro ficou definida na cota 133,0m com lâmina máxima de 133,63, ocorrendo, portanto, uma interferência da águas do açude nas seguintes torres, na ocasião da sangria com a lâmina máxima:

Torre nº	Cota da Base Torre	Lâmina d'água
118/3	135,35m	0,28m
120/1	130,89m	2,74m
120/2	133,40m	0,23m

O arranjo geral das obras ficou definido por um maciço que se desenvolve ao longo de um eixo curvo, por 5 diques projetados sobre os pontos de fuga, sendo um na ombreira esquerda e os demais na direita, por uma tomada d'água situada na ombreira esquerda e por sangradouro localizado na ombreira direita.

#### 4.6.8. Maciço

As obras de terraplenagem do Açude Frecheirinha compreendem 6 maciços: o da barragem principal, que é zoneado com 27,50m de altura máxima e 615m de extensão, o maciço do dique 1 que se estende ao longo de 30m e tem uma altura máxima de 2,14m o do dique 2 com 50m de extensão e 1,32m de altura máximo, o do dique 3 que se desenvolve ao longo de 63m e tem altura máxima de 5,28m, o do dique 4 com 155m de extensão e altura máxima de 4,90m e do dique 5, que é o maior, com 6,30m de altura máxima e 290m de extensão.

A descrição detalhada de cada maciço acima citado, com suas características gerais, é apresentada a seguir.

##### – Barragem Principal

O maciço da barragem se desenvolve sobre um eixo que é reto no trecho central e curvo nas ombreiras, com concavidade voltada para jusante. A escolha do eixo curvo partiu da necessidade de um melhor engastamento do maciço com a ombreira direita, em face de sua esbeltez.

O maciço é de terra zoneada, com seção trapezoidal com 7,0m da largura e coroamento na cota 135,50m. A inclinação do talude de montante é 2,5: 1,0 (H:V) e do talude de jusante é de 2,5: 1,0 (H:V) acima da cota 120,0m e abaixo desta passa a ser 1,5: 1,0 (H:V).

Foram projetadas bermas estabilizadoras, com largura de 6,0m, nos taludes de montante e jusante. A berma de montante está fixada na cota 122,0m e a de jusante na cota 120,0m, abaixo da qual se forma o “rock-fill”.

No trecho central da barragem será feita remoção de uma camada de 1,0m do material aluvionar de baixa resistência, para posterior implantação do maciço.

O zoneamento do maciço foi obtido com base nas disponibilidades dos materiais de empréstimo e de suas características geotécnicas; resultando em um maciço com núcleo central impermeável, de material proveniente da área de empréstimo 2, caracterizado como SC, segundo classificação USC, que é envolvido por solo de alteração/ou ardósia alterada nos paramentos de montante e jusante, proveniente das áreas de empréstimo 1,3 e 4 e escavação do sangradouro.

Em toda extensão do maciço será escavada um trincheira de vedação, do tipo “cut-off”, até atingir o substrato rochoso, atingido portanto sua profundidade máxima no trecho central do eixo, cuja camada aluvionar apresenta uma espessura de 8,0m. O “cut-off” será escavado com talude de 1,5:1,0 (H:V) e terá 10,0m de base sobre o substrato.

No eixo da trincheira será executada uma cortina de impermeabilização, composta por 3 linhas de injeção, com profundidade de 2/3h, onde ha é a coluna d’água no ponto a ser injetado. A cortina será executada ao longo do maciço e se estenderá por toda a ombreira e sangradouro.

A drenagem do maciço será feita por um filtro do tipo chaminé com largura de 1,50m e topo na cota 134,0m, e por um filtro horizontal que encobre toda a extensão de jusante, a partir do filtro “chaminé”, indo até o “rock-fill”.

O “rock-fill” tem uma geometria trapezoidal com 6,0m de largura na cota 120,0m e inclinação de 1,5:1,0 (H:V) para os lados de montante e jusante, sendo sua base aprofundada até o substrato rochoso. Nas ombreiras, o “rock-fill” será triangular com altura fixada em 1,50m e inclinação para os lados de montante de 1,5:1, (H:V).

A superfície de contato do “rock-fill” com a ardósia será preenchida por materiais com granulometria graduada (brita e areia).

A proteção do maciço contra chuva, erosão e movimento das ondas será feita por um “rip-rap” de 1,50m de espessura para o talude de montante e de 1,0m para o talude de jusante.



## – Diques

Ao longo dos cinco (05) pontos de fuga, identificados na topografia da bacia hidráulica, foram projetados aterros homogêneos com coroamento na cota 135,50m.

A seção tipo dos maciços dos diques é do tipo homogênea formada por ardósia alterada, proveniente das áreas de empréstimo 1,3 e 4, e escavação do sangradouro.

Geometricamente os dique 1 e 2 são semelhantes com 4m de largura no coroamento, taludes de montante e jusante com inclinação 1,5:1,0 (H:V) e proteção do talude de montante efetuada por um rip-rap com 0,50m de espessura.

Os diques 3,4 e 5 também têm uma crista com 4,0m de largura, taludes de montante e jusante com inclinação 2,0:1,0 (H:V), apresentam um dreno no pé do talude de jusante com 1,0m de altura e proteção do talude de montante caracterizada por um “rip-rap” de 0,50m de espessura.

### 4.6.9. Sangradouro

O sangradouro adotado no projeto é do tipo labirinto, que se caracteriza por apresentar, em planta, uma solteira, cuja linha se desenvolve de forma irregular, normalmente definindo módulos de forma poligonal, que se repete em número de 12,5. A solteira é constituída por muros verticais com espessura de 0,50m e altura variando de 2,50m a 4,00m com a parte superior apresentando um perfil semi-circular para o lado de montante.

O labirinto, dimensionado para uma vazão milenar de 528,8m<sup>3</sup>/s, tem uma largura de 100m, uma laje de fundo com inclinação de 0,075m/m para jusante, a fim de aumentar a velocidade de saída e evitar o afogamento da estrutura, e tem uma lâmina máxima de sangria de 0,63m.

Ao final da estrutura do labirinto, segue um canal “rápido” com largura constante de 100m e inclinação de 0,17m/m, acompanhando parcialmente a superfície do terreno onde o sangradouro foi projetado. Na cota 109,0m, onde termina o canal rápido foi projetada uma bacia de dissipação com 26m de comprimento, 2m de profundidade e um perfil Creager na saída, permitindo assim a restituição ao leito do rio, de um fluxo paralelo ao fundo do mesmo com uma velocidade máxima de 1,78m/s.

Ao longo de toda a extensão do sangradouro, desde o início do labirinto, passando pelo canal “rápido”, bacia de dissipação até o “Perfil Creager”, foram projetados muros de proteção, que são do tipo estrutural com alturas determinadas em função da lâmina d’água nos canais.

#### 4.6.10. Tomada d’água

A tomada d’água foi projetada na estaca 30+6,5m, ombreira esquerda, com a finalidade de conferir ao rio um fluxo regular, por todos os períodos do ano, e uma vazão necessária à irrigação das manchas aluviais a jusante do barramento.

Levando-se em consideração as dimensões da obra e a vazão máxima necessária nos momentos de maior demanda, vazão de pico de 3,4m<sup>3</sup>/s, definiu-se a tomada d’água do tipo galeria com um conduto de 1.200mm de diâmetro e 105m de extensão.

A montante da galeria há um canal de aproximação escavado na cota 120,00m, e uma torre de concreto de 15m de altura, onde será instalada a comporta. Na boca de entrada da galeria há uma grade de ferro destinada à proteção do conduto.

A jusante da galeria há uma bacia de dissipação com 12,0m, onde se encontra o registro para controle da vazão, seguindo de um canal de fuga.

#### 4.6.11. Características Técnicas das Obras

As principais características técnicas das obras concebidas no Projeto Original são resumidas nos seguintes aspectos básicos:

##### a) Localização

- Rio: .....Rio Caiçara
- Município:.....Frecheirinha
- Estado: .....Ceará

##### b) Características Gerais

- Área de drenagem: ..... 197 km<sup>2</sup>
- Área do reservatório (cota 133,00m): ..... 1090 ha
- Volume morto do reservatório (cotas: 108,00/121,53):..... 11x10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>
- Volume útil do reservatório (cotas: 121,53/133,00m):.....74x10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>
- Volume máximo do reservatório: .....85x10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>
- N.A. máximo normal: ..... 133,00 m

- N.A. máximo maximorum: ..... 133,63m
- N.A. máximo operacional: ..... 121,53m

**c) Barragem Principal**

- Tipo: .....Aterro zoneado
- Cota do coroamento: ..... 135,50m
- Altura máxima: .....27,50m
- Comprimento da crista:..... 615,0m
- Largura da crista: .....7,00m
- Volume total do maciço:..... 1.108.950m<sup>3</sup>

**d) Dique 1**

- Tipo: .....Aterro homogêneo
- Cota do coroamento: ..... 135,50m
- Altura máxima: .....2,14m
- Comprimento da crista:.....30,00m
- Largura da crista: .....4,00m
- Volume total do maciço:.....480m<sup>3</sup>

**e) Dique 2**

- Tipo: .....Aterro homogêneo
- Cota do coroamento: ..... 135,50m
- Altura máxima: ..... 1,32m
- Comprimento da crista:.....50,0m
- Largura da crista: .....4,00m
- Volume total do maciço:.....230m<sup>3</sup>

**f) Dique 3**

- Tipo: .....Aterro homogêneo
- Cota do coroamento: ..... 135,50m
- Altura máxima: .....5,28m
- Comprimento da crista:.....63,0m
- Largura da crista: .....4,00m

– Volume total do maciço:.....3.300m<sup>3</sup>

**g) Dique 4**

- Tipo: .....Aterro homogêneo
- Cota do coroamento: .....135,50m
- Altura máxima: .....4,90m
- Comprimento da crista:.....155,00m
- Largura da crista: .....4,00m
- Volume total do maciço:.....5.420m<sup>3</sup>

**h) Dique 5**

- Tipo: .....Aterro homogêneo
- Cota do coroamento .....135,50m
- Altura máxima: .....6,3m
- Comprimento da crista:.....290,00m
- Largura da crista: .....4,00m
- Volume total do maciço:.....14.650m<sup>3</sup>

**i) Sangradouro**

- Tipo: .....labirinto
- Cota da soleira:.....133,00m
- Largura:.....100m
- Vazão efluente(TR=1000 anos): .....528,8m<sup>3</sup>/s
- Lâmina d'água máxima: .....0,63m

**j) Tomada d'água**

- Tipo: .....Torre e conduto  
forçado
- Número de conduto:.....01m
- Diâmetro do conduto: .....1.200m
- Comprimento do conduto:.....105m
- Vazão máxima:.....3,4m<sup>3</sup>/s

#### 4.6.12. Quantitativos e Custos

Nas páginas seguintes são apresentadas as planilhas de quantitativos e custos atualizadas para as obras segundo o Projeto Executivo contratado pelo DNOCS em 1987. Os preços unitários foram obtidos na tabela da SRH (05/99), na tabela do DNOCS (08/99) e, para serviços não constantes destas, nas obras em andamento na SRH.

Sem considerar os custos das desapropriações, divulgação e mobilização-desmobilização obteve-se os valores resumidos no quadro a seguir.

#### Custos Atualizados do Projeto Frecheirinha

SERVIÇOS	CUSTO
Trabalhos Preparatórios	611.056,13
Barragem	13.025.910,54
Sangradouro	3.015.425,48
Tomada d'água	708.047,63
Bacia Hidráulica (desmatamento racional)	865.947,60
<b>CUSTO DAS OBRAS</b>	<b>18.226.387,58</b>
Projeto, Supervisão e Eventuais	1.328.652,42
<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>19.555.040,00</b>



MONTGOMERY WATSON



**EIXO: FRECHEIRINHA**  
**SEÇÃO TIPO: TERRA ZONEADA**

ORÇAMENTO						
Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>1.</b>	<b>TRABALHOS PREPARATÓRIOS:</b>					
1.1	Caminhos de Serviços com plataforma de 6,0m	km	DNOCS 1:01:511:2	2,00	1.436,59	2.873,18
1.2	Estrada de Acesso, faixa de domínio de 10,0m, greide colado, pista de rolamento de 6,0m e 0,15m de espessura, revestida em picarra compactada, com valetas de drenagem, incluindo obras de arte e os aterros a estas associadas	km	DNOCS 1:01:530:2	5,80	14.459,13	83.862,95
1.3	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	m <sup>2</sup>	SRH - 01.01.01	1.130.000,00	0,07	79.100,00
1.4	Expurgo nas áreas de implant.da barragem e jazidas, c/bota-fora de até 0,30km, medido no corte	m <sup>3</sup>	SRH- 90.02.05	226.000,00	1,97	445.220,00
	<b>TOTAL DO ITEM 1</b>					<b>611.056,13</b>
<b>2.</b>	<b>BARRAGEM</b>					
<b>2.1</b>	<b>Fundação:</b>					
2.1.1	Escav., carga, transp. e descarga com bota-fora até 0,30km, em material de 1ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.02	165.447,00	2,28	377.219,16
2.1.2	Escav., carga, transp.e descarga com bota-fora até 0,30km em material de 2ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.07.52	41.362,00	2,76	114.159,12
2.1.3	Escav., carga, transp.e descarga com bota fora até 0,30 km em material de 3ª categ	m <sup>3</sup>	SRH - 01.04.04	-	16,75	0,00
2.1.4	Perfuração para injeção com equipamento rotopercussivo	m	Obras em execução	7.595,00	59,00	448.105,00
2.1.5	Perfuração com sondagem rotativa Ø BX	m		1.898,00	118,85	225.577,30
2.1.6	Perfuração com sondagem rotativa Ø NX	m		250,00	183,86	45.965,00
2.1.7	Cimento para nata impermeabilizante	sc		500,00	40,00	20.000,00
<b>2.2</b>	<b>Maciço</b>					
2.2.1	Escav.,carga,transp.,lançamento,espalhamento e compactação de material de 1ª categ. até 0,50km	m <sup>3</sup>		416.000,00	2,50	1.040.000,00
2.2.2	Escav.,carga,transp.,lançamento,espalhamento e compactação de material de 2ª categ. até 0,50km	m <sup>3</sup>		375.000,00	3,02	1.132.500,00
2.2.3	Escav.,carga,transp.,lançamento,espalhamento e compactação de material de 3ª categ. até 0,50km	m <sup>3</sup>		203.600,00	16,73	3.406.228,00
2.2.4	Transporte complementar do material de 1ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:090:2	208.000,00	1,08	224.640,00
2.2.5	Fornec.,inclusive extração,carga,britagem,transp.até 0,50km,descarga,e exec.da transição	m <sup>3</sup>	DNOCS 1:01:281:2	30.350,00	34,40	1.044.040,00
2.2.6	Transporte complementar do material de 3ª categoria	m <sup>3</sup> xkm	DNOCS 1:01:110:2	1.119.800,00	1,29	1.444.542,00
2.2.7	Escav.,carga e transp. de material de 3ª categ. para central de britagem a uma dist. de até 0,50km (pedreira)	m <sup>3</sup>		30.350,00	16,73	507.755,50
2.2.8	Escav.,carga e transp. de material de 3ª categ. do sangradouro e ombreiras para o maciço a uma dist. de até 0,50km (pedreira)	m <sup>3</sup>		23.000,00	16,73	384.790,00
2.2.9	Lançamento,espalhamento e compactação de material de 3ª categoria	m <sup>3</sup>		229.600,00	3,08	707.168,00
2.2.10	Escav.,carga,transp.,lançamento,espalhamento e compactação de material de 1ª categ. para filtro a uma dist. de até 0,50km	m <sup>3</sup>		58.000,00	12,65	733.700,00
2.2.11	Regularização de taludes	m <sup>2</sup>		76.000,00	12,98	986.480,00
2.2.12	Fio de pedra	m		1.230,00	6,26	7.699,80
<b>2.3</b>	<b>Diques</b>					
2.3.1	Escav. Mecânica em material de 1ª categ.com bota-fora de até 0,30km	m <sup>3</sup>		2.900,00	2,28	6.612,00
2.3.2	Escav.,carga,transp.,lançamento,espalhamento e compactação de material de 2ª categ.até uma distância de até 0,50km	m <sup>3</sup>		21.545,00	3,02	65.065,90
2.3.3	Escav.,carga,transp.,lançamento,espalhamento e compactação de material de 3ª categ.até uma distância de até 0,50km	m <sup>3</sup>		2.278,00	16,73	38.110,94
2.3.4	Escav.,carga e transp.em material de 3ª categ.da pedreira para o maciço a uma distância de até 0,50km (pedreira)	m <sup>3</sup>		127,00	16,73	2.124,71
2.3.5	Beneficiamento,carga,transp.,lançamento,espalhamento e compactação de material de transição à uma distância de até 0,50km	m <sup>3</sup>		127,00	34,40	4.368,80
2.3.6	Lançamento,espalhamento e compactação de material de 3ª categoria	m <sup>3</sup>		2.278,00	3,08	7.016,24
2.3.7	Escavação,carga,transp.,lançamento,espalhamento e compactação de material de 1ª categ.para filtro a uma distância de até 0,50km	m <sup>3</sup>		127,00	12,65	1.606,55
<b>2.4</b>	<b>Drenagem:</b>					
2.4.1	Areia para drenagem subsuperficial	m <sup>3</sup>		2.083,00	12,44	25.912,52
2.4.2	Pedrisco para drenagem superficial	m <sup>3</sup>		44,00	28,91	1.272,04
2.4.3	Tubo PVC rígido, perfurado para drenagem Ø=150mm (6m)	ud		40,00	157,18	6.287,20
2.4.4	Tubo de PVC rígido Ø=150mm (6m)	ud		9,00	141,46	1.273,14
2.4.5	Tubo de PVC rígido Ø=300mm (6m)	ud		21,00	169,22	3.553,62
2.4.6	Lona plástica	m <sup>2</sup>		11.900,00	1,02	12.138,00
	<b>TOTAL DO ITEM 2</b>					<b>13.025.910,54</b>



MONTGOMERY WATSON



EIXO: FRECHEIRINHA  
SEÇÃO TIPO: TERRA ZONEADA

ORÇAMENTO						
Ítem	Discriminação	Un	Planilha Orçamentária	Quant.	Preços	
					Unit.	Total
<b>3. SANGRADOURO:</b>						
<b>3.1 Escavação:</b>						
3.1.1	Escav.,carga,transp. e descarga de material de 1ª categoria c/transporte até 0,30km	m³	SRH - 01.07.02	20.300,00	2,28	46.284,00
3.1.2	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 2ª categoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.07.52	-	2,76	0,00
3.1.3	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 3ª categoria c/ bota-fora até 0,30 km	m³	SRH - 01.04.04	-	16,75	0,00
<b>3.2 Concreto:</b>						
3.2.1	Concreto, fck=150 hgf/cm2, para utilização no labirinto, canal, bacia de dissipação e muros, com forma	m³		5.631,54	209,87	1.181.891,30
3.2.2	Concreto ciclópico, com 12% de pedra de mão, para o perfil Creager	m³	SRH-90.30.09	1.100,00	144,00	158.400,00
3.2.3	Concreto simples para regularização	m³	SRH-90.30.03	115,00	151,77	17.453,55
3.2.4	Ferro CA-50B	kg	SRH-90.24.25	364.128,00	2,31	841.135,68
3.2.5	Aço para ancoragem, Ø= 2"	kg		38.627,00	4,73	182.705,71
3.2.6	Perfuração para ancoragem	m		9.923,00	59,00	585.457,00
3.2.7	Argamassa para fixação da ancoragem	m³		16,00	131,14	2.098,24
	<b>TOTAL DO ITEM 3</b>					<b>3.015.425,48</b>
<b>4. TOMADA D'ÁGUA</b>						
<b>4.1 Escavação:</b>						
4.1.1	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 1ª categoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.07.02	60,00	2,28	136,80
4.1.2	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 2ª categoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.07.52	25,00	2,76	69,00
4.1.3	Escav.,carga,transp.e descarga de material de 3ª categoria c/bota-fora até 0,30km	m³	SRH - 01.04.04	-	16,75	0,00
	Juntas Fugenband	m		57,60	56,26	3.240,58
<b>4.2 Concreto:</b>						
4.2.1	Concreto, fck=150 hgf/cm2, para a galeria, torre e bacia de dissipação, com forma	m³		640,00	209,87	134.316,80
4.2.2	Concreto ciclópico	m³	SRH-90.30.09	-	144,00	0,00
4.2.3	Concreto simples para regularização	m³	SRH-90.30.03	18,00	151,77	2.731,86
4.2.4	Ferro CA-50B	kg	SRH-90.24.25	44.165,00	2,31	102.021,15
<b>4.3 Equipamento Mecânico</b>						
4.3.1	Tubos de aço de Ø=1200mm	m		105,00	1.374,78	144.351,90
4.3.2	Registro de acionamento direto, volante e "by-pass"de 1200mm com redutor de engrenagem	ud		1,00	250.466,28	250.466,28
4.3.3	Comporta quadrada de 1200mm, fluxo único, mod. CQU, Barbará, com pedestal de suspensão simples, luvas para haste, 15,0m de haste de prolongamento 1 3/4" com mancais para guia	ud		1,00	70.713,46	70.713,46
	<b>TOTAL DO ITEM 4</b>					<b>708.047,83</b>
<b>5. BACIA HIDRÁULICA</b>						
5.1	Desmatamento racional da bacia hidráulica	ha	DNOCS 1: 01:730:2	1.260,00	687,26	865.947,60
	<b>Total do ítem 5</b>					<b>865.947,60</b>
	<b>TOTAL GERAL</b>					<b>18.226.387,58</b>

#### 4.7. OUTROS AÇUDES ESTUDADOS

Dentro do âmbito desse estudo foram inspecionados cinco locais de possíveis açudes para atendimento de demandas localizadas e as mais viáveis foram objeto de levantamentos topográficos e investigações geotécnicas. Esses locais foram chamados de:

- açude Ibuguaçu: surgiu como fonte alternativa para o suprimento hídrico da região rural oeste do município de Granja, especialmente para o abastecimento dos distritos de Adrianópolis e Ibuguaçu;
- açude Jurema: apresenta-se como alternativa para o aumento da oferta hídrica para exploração de terras para irrigação nos municípios de Granja e Camocim, dentre elas a mancha de solos Parazinho;
- açude Cajueirinho: alternativa proposta para o abastecimento do município de Jijoca de Jericoacoara;
- açude Inhanduba: alternativa proposta para o abastecimento do município de Jijoca de Jericoacoara;
- açude Litoral: este foi proposto como uma forma de reserva estratégica para possíveis demandas futuras que podem surgir do desenvolvimento industrial no litoral.

A seguir faz-se uma descrição das observações e serviços empreendidos em cada um desses sítios.

##### 4.7.1. Açude Ibuguaçu

###### 4.7.1.1. Localização e Acesso

O açude Ibuguaçu fica no litoral oeste do estado, na microrregião de Camocim e Acarau, a cerca de 80 km ao sul da cidade de Granja. O eixo selecionado fica no rio Ubatuba, na confluência dos riachos Lambedouro, Boqueirão e Cantagalo, distante 2 km a montante da sede do distrito de Ibuguaçu.

O acesso a partir da cidade de Granja faz-se pela rodovia estadual CE- 311, revestida de terra, até o distrito de Santa Terezinha, onde tomando-se uma vicinal de terra passa-se por



Pitimbu, Adrianópolis e finalmente por Ibuguaçu (Ubatuba), trafegando-se por uma extensão de 80 km.

As coordenadas UTM do local eixo na calha do rio são aproximadamente N 9.627.900 e E 249.150.

#### **4.7.1.2. Estudos Geotécnicos**

O eixo selecionado para o maciço situa-se na extremidade da serra da Ubatuba com rochas formadas por quartizitos puros e micáceos compactos, aflorantes na superfície do terreno. Essas rochas são constituintes da formação São Joaquim, do grupo Martinópolis.

Para estudo preliminar das características geotécnicas do local do açude foram executados 3 furos a pá e picareta ao longo do eixo e 5 poços em duas áreas de ocorrências de materiais de empréstimo.

Para areal sondou-se um banco de rio a montante do eixo, onde foram coletadas duas amostras, que encanhidas ao laboratório foram submetidas a ensaio de granulometria.

Como fonte de extração de material pétreo foi identificado um afloramento de quartizito, com topografia favorável para uma pedreira, na ombreira direita. Coletou-se uma amostra dessa rocha que apresentou no ensaio Los Angeles uma excelente resistência ao desgaste por abrasão.

Os resultados dos ensaios submetidos nas amostras dos empréstimos selecionados forneceram os seguintes resultados:

**Quadro 4.33 – Resumo dos Ensaio dos Empréstimos**

FURO		01	02	02	03
LOCAL		E- 01	E- 01	E- 02	E- 02
PROF. ( m ):		0,10	0,10	0,10	0,10
		1,20	1,30	1,20	1,10
AMOSTRA		1	2	1	2
%PASSA	1"	90	89	94	94
	3/4"	86	86	86	85
	1/2"	77	78	77	75
	3/8"	72	73	71	70
	No. 4	59	60	60	57
	No. 10	51	51	51	47
	No. 40	41	39	42	38
	No. 200	22	21	28	26
LL		26	27	28	28
LP		20	20	18	19
IP		6	7	10	9
IG		0	0	0	0
U.S.C.		GM-GC	GM-GC	GC	GC
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )		1.882	1.857	2.004	2.015
h ótima (%)		16,0	16,7	12,5	12,0

O eixo locado e as áreas de materiais estudadas para a construção do maciço do açude são apresentadas na prancha IB- 01 do Volume 2- Anteprojeto das Obras

#### 4.7.1.3. Estudos Topográficos

Para o nivelamento do eixo selecionado para o maciço e sangradouro, em todos os seus pontos notáveis e a cada 20 metros, transportou-se cotas reais a partir das referencias de nível materializadas nas obras de construção do açude Itauna, da SRH, próximo de Chaval.

O eixo foi materializado em campo através de piquetes e estacas numeradas com colocação de referencias de nível nas ombreiras.

No quadro 4.34 são apresentadas as cotas reais das estacas materializadas no eixo locado

**Quadro 4.34 - Altimetria do Eixo do Açude Ibuguaçu**

ESTACA	COTA	ESTACA	COTA	ESTACA	COTA
0	80,33	11	80,50	22	76,03
1	76,35	12	81,13	23	73,86
2	72,16	13	80,22	24	72,47
3	67,81	14	79,67	25	72,87
4	65,84	15	78,71	26	72,44
5	63,87	16	76,36	27	70,48
6	61,21	17	75,56	28	66,64
7	64,34	18	74,70	29	74,48
8	67,63	19	74,53	30	74,85
9	75,81	20	75,47	31	75,89
10	79,21	21	75,39	32	78,71

O perfil topográfico do eixo materializado é apresentado na prancha IB- 02 do Volume 1- Anteprojeto das Obras

#### **4.7.1.4. Observações Gerais Sobre o Açude**

O eixo do açude Ibuguaçu situa-se na confluência de três riachos, que formam o rio Ubatuba, a cerca de 2 km a montante do distrito do mesmo nome.

O rio parece de bom porte com sinais de expressivas vazões. Existe uma ponte na cidade com 17 metros de vão com uma altura livre de cerca de 5 m, construída em 1954, onde as águas já chegaram ao tabuleiro.

A ombreira direita é formada pela ponta da serra da Ubatuba, a montante do riacho Pirapora, que sobe escarpadamente algumas centenas de metros. A ombreira esquerda é formada por elevações menores (cerca de 19 m acima do rio), com uma pequena descontinuidade de poucos metros (inferior a 10 m) e que estende-se a cerca de uns 700 metros onde alcança um ponto culminante, de altura estimada em 40 metros acima do fundo do rio.

A rocha é aflorante em quase toda a ombreira esquerda e no leito do rio, constituindo-se de um quartzito claro com boas características de fundação e uma considerável resistência a erosão. Existem possibilidades de seções do barramento em terra ou concreto e possibilidades de sangradouro na ombreira esquerda.

Os solos da região são de matriz arenosa com textura fina porém existem várias ocorrências de cascalhos argilosos, usados nos revestimentos de algumas rodovias, a pouca distancia do eixo.

A bacia a montante do local do barramento tem uma topografia suave até o sopé das Serra da Ibiapaba, o que indica que a área inundada, para uma barragem na ordem de 40 m de altura, deve ser bastante expressiva assim como o volume de acumulação. Situam-se dentro dessa área alguns pequenos povoados como Morro Branco, São José e Cantagalo.

Conclui-se que o local, sob o aspecto das obras de construção de um barramento de média a grande acumulação, é muito promissor técnica e economicamente.

#### **4.7.2. Açude Jurema**

##### **4.7.2.1. Localização e Acesso**

O açude Jurema fica no litoral oeste do estado, na microrregião de Camocim e Acarau, a cerca de 36 km a leste da cidade de Granja e a 18 km a nordeste da cidade de Martinópolis. O eixo selecionado fica no rio Jurema, próximo da fazenda Salão.

O acesso a partir da cidade de Martinópolis se faz por uma precária estrada vicinal sem revestimento, que não atravessa nenhum povoado significativo, que acessa as sedes das fazendas Boqueirão e Salão. O percurso entre Martinópolis e o local do eixo é de 18 km.

As coordenadas UTM do local eixo na calha do rio são aproximadamente N 9.649.360 e E 326.126.

##### **4.7.2.2. Estudos Geotécnicos**

O eixo selecionado para o maciço situa-se em um boqueirão com afloramento contínuos na ombreira esquerda de rochas formadas por quartzitos puros e micáceos compactos, constituintes da formação São Joaquim, do grupo Martinópolis.

Para estudo preliminar das características geotécnicas do local do açude foram executados 3 furos a pá e picareta ao longo do eixo e 6 poços em uma área de ocorrência de material de empréstimo.

Para areal sondou-se um banco de rio a cerca de 10 km à montante do eixo, na localidade de Boa Vista, onde foram coletadas duas amostras que encaminhadas ao laboratório foram submetidas a ensaio de granulometria.

A areia de graduação média apresenta boas características para elementos drenantes ou agregados de concretos porém, os volumes dos bancos são reduzidos o que acarretará a exploração de grande extensão do rio.

Como fonte de extração de material pétreo foi identificado um afloramento de quartizito, com topografia favorável para uma pedreira, na ombreira direita a cerca de 300m para o eixo. Coletou-se uma amostra dessa rocha que apresentou no ensaio Los Angeles um desgaste à abrasão de 30%, considerado excelente para emprego, quer em concretos quer como enrocamento.

A zona aluvionar do rio, com cerca de 120 m de extensão, é constituída de um pacote silto argiloso de cor escura que alcança uma profundidade média de 1,40 m. Esse material tem baixa permeabilidade, haja visto que forma algumas pequenas lagoas na época das chuvas, e provavelmente baixa resistência ao cisalhamento. Parece interessante seu expurgo na área do maciço da barragem, fundando o barramento diretamente no substrato rochoso.

Os resultados dos ensaios submetidos nas amostras do empréstimo selecionados forneceu os seguintes resultados:

**Quadro 4.35 – Resumo dos Ensaio do Empréstimo**

<b>FURO</b>		<b>01</b>	<b>04</b>	<b>05</b>	<b>06</b>
<b>LOCAL</b>		E- 01	E- 01	E- 02	E- 02
<b>PROF. ( m ):</b>		0,10	0,10	0,10	0,10
		1,20	1,30	1,20	1,50
<b>AMOSTRA</b>		1	1	1	1
<b>%PASSA</b>	<b>1"</b>	96	97	100	100
	<b>3/4"</b>	91	94	95	94
	<b>1/2"</b>	84	86	88	85
	<b>3/8"</b>	75	77	76	73
	<b>No. 4</b>	63	65	61	56
	<b>No. 10</b>	51	50	44	39
	<b>No. 40</b>	41	42	37	33
	<b>No. 200</b>	32	30	27	25
<b>LL</b>		36	35	35	33
<b>LP</b>		19	19	21	20
<b>IP</b>		17	16	14	13
<b>IG</b>					
<b>U.S.C.</b>		GC	SC	GC	GC
<b>Densidade (g/cm3)</b>		1.812	1.821	1.847	1.865
<b>h ótima (%)</b>		14,7	14,2	14,0	13,6

O eixo locado e as áreas de materiais estudadas para a construção do maciço do açude são apresentadas na prancha JU- 01 do Volume 2- Anteprojeto das Obras

#### 4.7.2.3. Estudos Topográficos

Para o nivelamento do eixo selecionado para o maciço, sangradouro e local de possível fuga, em todos os seus pontos notáveis ou a cada 20 metros, transportou-se cotas reais a partir da referencia de nível do IBGE situada na soleira da porta principal de igreja matriz de Martinópolis, de número 1859 E com cota 85,591.

O eixo foi materializado em campo através de piquetes e estacas numeradas com colocação de referencias de nível à esquerda da estaca 3+10,0, com cota 31,933.

Na ombreira esquerda a partir da estaca zero lançou-se um estaqueamento na ordem decrescente (negativo) para ampliar as possibilidades de implantação do elemento de sangria.

No quadro 4.36 são apresentadas as cotas reais das estacas materializadas no eixo locado para o maciço.

**Quadro 4.36 - Altimetria do Eixo do Açude Jurema**

ESTACA	COTA	ESTACA	COTA	ESTACA	COTA
-9	47,623	2	38,212	13	43,327
-8	47,372	3	33,237	14	48,796
-7	46,441	4	27,041		
-6	44,030	5	29,288		
-5	44,415	6	28,868		
-4	44,726	7	28,739		
-3	40,618	8	28,731		
-2	39,561	9	28,594		
-1	41,063	10	28,910		
0	41,146	11	33,583		
1	40,421	12	38,890		

Na ombreira direita, próximo da sede da fazenda Cajueiro Grande e em local conhecido como Cururu, nas coordenadas N 9.650.072 e E 327.160, levantou-se a cota do ponto baixo de uma sela topográfica, com cerca de 30 m de largura, para verificação de uma possível fuga ou local de sangria. Nesse ponto baixo foi registrada a cota 46,837 m , ou seja 20,5 m acima do leito do rio Jurema no local do eixo do maciço. Nesse local instalou-se uma referencia de nível com cota 47,670.

O perfil topográfico do eixo materializado é apresentado na prancha JU- 02 do Volume 1- Anteprojeto das Obras

#### **4.7.2.4. Observações Gerais Sobre o Açude**

O local do eixo do açude Jurema barra o riacho do mesmo nome que aí apresenta uma largura de 10-12 metros com vestígios de ter apresentado laminais d'água de 2,5 a 3 metros. Nesse local o barramento fica com uma extensão de cerca de 410 m para uma altura de 20 metros em relação ao fundo do rio. Para essa altura não haverá fuga na ombreira direita, a cerca de 5-6 km no local conhecido como Cururu, no entanto face a pequena largura da sela nesse ponto também não parece ser adequada a localização do elemento de sangria nesse local. A

ombreira esquerda apresenta afloramentos contínuos de rocha arenítica e as barrancas do rio um solo aluvionar silto argiloso com espessura média de 1,40 metros que deverá ser retirado ao longo da fundação do maciço.

Vestígios de jazidas de cascalhos argilosos foram observados em toda a região, a uma pequena distancia do eixo. Bancos com areia média foram vistos a montante no rio Jurema porém são volumetricamente pouco expressivos.

Rochas quartzíticas com excelentes propriedades são abundantes nas ombreiras.

Para um nível d'água normal na cota 43,00 m, ou seja com 17 m de lâmina d'água, o volume de acumulação nesse local foi estimado na ordem de 100 hm<sup>3</sup>.

Acreditamos que no local seja possível a construção de um maciço de terra em condições econômicas até uma altura máxima limitada pelas cotas das ombreiras, ou seja cerca de 20 metros, caso seja viável a implantação de um sangradouro na ombreira direita .

Se as dimensões necessárias para o elemento de sangria tornar onerosa a implantação do sangradouro na ombreira direta, torna-se viável a adoção de um maciço em CCR com seção vertedoura, principalmente pela pequena extensão prevista.

Na região da bacia do futuro açude a densidade populacional é baixíssima com poucas propriedades a serem remanejadas.

### **4.7.3. Açude Cajueirinho**

#### **4.7.3.1. Localização e Acesso**

O açude Cajueirinho fica no litoral oeste do estado, na microrregião de Camocim e Acarau, no município de Bela Cruz, a cerca de 45 km a leste da cidade de Granja e junto a sede do distrito de Cajueirinho. O eixo selecionado fica no riacho Inhanduba.

O acesso a partir da cidade de Granja se faz pela rodovia CE- 085, revestida com cascalho, até a zona urbana do distrito de Parazinho, após trafegar 22 km, onde tomando-se uma estrada vicinal no sentido sudeste e depois leste chega-se ao açude Cajueirinho existente, pela margem esquerda do rio Inhanduba, após um percurso de 23 km.

As coordenadas UTM do local eixo na calha do rio são aproximadamente N 9.659.520 e E 336.040.



#### 4.7.3.2. Estudos Geotécnicos

O eixo selecionado para o maciço situa-se em um boqueirão a cerca de 200 m a jusante da parede do açude existente, com afloramentos contínuos nas ombreiras de rochas formadas por quartzitos puros e micáceos compactos, constituintes da formação São Joaquim, do grupo Martinópolis.

Para estudo preliminar das características geotécnicas do local do açude foram executados 3 furos a pá e picareta ao longo do eixo e 5 poços em uma área de ocorrência de material de empréstimo e 3 poços em outra área.

Para areal sondou-se um banco de rio a cerca de 12 km à montante do eixo, entre as localidades de São João e Pitombeira, onde foram coletadas duas amostras que encaminhadas ao laboratório foram submetidas a ensaio de granulometria.

A areia de graduação média a grossa apresenta boas características para elementos drenantes ou agregados de concretos porém, os volumes dos bancos são reduzidos o que acarretará na exploração de grande extensão do rio Inhanduba, visto sua baixa capacidade de transporte.

Como fonte de extração de material pétreo foi identificado um afloramento de quartzito, com topografia favorável para uma pedreira, na ombreira direita a cerca de 200m para o eixo. Coletou-se uma amostra dessa rocha que apresentou no ensaio Los Angeles um desgaste à abrasão de 32%, considerado excelente para emprego, quer em concretos quer como enrocamento.

A zona aluvionar do rio é bastante restrita face a topografia muito encaixada do vale, em forma de V com cerca de apenas 40 m de largura na calha do rio, é constituída de pequena espessura de areia e um pacote silto areno argiloso de cor cinza de 0,50 a 0,80 m de espessura .

Os ensaios submetidos nas amostras do empréstimo E-01 forneceu os seguintes resultados:

**Quadro 4.37 – Resumo dos Ensaio dos Empréstimos**

FURO	02	03	04	05	
LOCAL	E- 01	E- 01	E- 01	E- 01	
PROF. ( m ):	0,10 1,30	0,10 1,00	0,10 1,10	0,10 1,20	
AMOSTRA	1	1	1	1	
%PASSA	1"	100	100	100	100
	3/4"	100	100	100	100
	1/2"	98	98	99	99
	3/8"	92	94	95	96
	No. 4	87	88	89	90
	No. 10	78	79	79	80
	No. 40	65	67	68	69
	No. 200	52	51	52	54
LL	35	34	34	36	
LP	22	22	21	21	
IP	13	12	13	15	
IG					
U.S.C.	CL	CL	CL	CL	
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1.752	1.760	1.745	1.738	
h ótima (%)	16,7	16,3	16,0	17,3	

O eixo locado e as áreas de materiais estudadas para a construção do maciço do açude são apresentadas na prancha CJ- 01 do Volume 2- Anteprojeto das Obras

#### 4.7.3.3. Estudos Topográficos

Para o nivelamento do eixo selecionado para o maciço, sangradouro e local de possível fuga, em todos os seus pontos notáveis e a cada 20 metros, transportou-se cotas reais a partir da referencia de nível do projeto da rodovia Br- 402/ CE- 216, referenciada a rede do IBGE, situada a cerca de 6 km do local do barramento. O eixo foi materializado em campo através de piquetes e estacas numeradas com colocação de referencias de nível no topo do muro direito do sangradouro do açude existente, com cota 35,208 .

Lançou-se um eixo passando pelo centro da crista do maciço existente, com ponto inicial na ombreira esquerda. Esse eixo foi todo estaqueado de 20 em 20 m com destaque para os pontos relevantes como sangradouro, muros e pontos de máximas e mínimas cotas.

Amarrado a este lançou-se um outro eixo a jusante, num boqueirão com excelente topografia para abrigar um novo maciço.

Levantou-se também uma região baixa na ombreira direita onde poderá exigir um dique de barramento ou localizar um elemento de sangria.

Pela proximidade da zona urbana de Cajueirinho com o atual lago do açude, foi necessário o levantamento altimétrico do início dos arruamentos para o estudo da cota de reservação.

No quadro 4.36 são apresentadas as cotas reais das estacas materializadas no eixo do atual barramento do açude Cajueirinho.

**Quadro 4.36 - Altimetria do Eixo do Açude Existente**

ESTACA	COTA	ESTACA	COTA	ESTACA	COTA
0	39,110	13	38,465	26	34,347
1	33,439	14	39,482	27	34,530
2	33,231	15	39,346	28	34,755
3	33,685	16	39,271	29	35,105
4	35,156	17	39,029	30	35,520
5	35,088	18	38,888	31	36,044
6	35,178	19	39,165	32	36,219
7	35,219	20	39,356	33	36,892
8	35,222	21	39,377	34	37,267
9	35,226	22	38,738	35	37,648
10	35,299	23	36,809	36	37,884
11	35,366	24	34,680		
12	36,587	25	34,409		

Para o eixo do boqueirão onde existe a possibilidade de construção de um novo barramento e para a sela topográfica da ombreira esquerda as cotas das estacas são apresentadas no quadro 4.37, mostrado a seguir.

**Quadro 4.37- Altimetria do Novo Barramento**

BOQUEIRÃO		SELA TOPOGRÁFICA	
ESTACA	COTA	ESTACA	COTA
0	43,740	0	43,653
1	41,377	1	41,108
2	36,124	2	38,283
3	30,439	3	36,324
4	26,531	4	34,868
5	27,133	5	33,720
5+12	26,320	6	32,522
6	25,195	6+9	32,014
6+6	26,069	7	33,429
7	30,319	8	35,819
8	35,044	9	37,881
9	40,687	10	38,271
10	44,270	11	37,015
11	44,398		
12	45,822		

O perfil topográfico do eixo materializado é apresentado na prancha CJ- 02 do Volume 1- Anteprojeto das Obras

#### 4.7.3.4. Observações Gerais Sobre o Açude

A primeira hipótese levantada a respeito do açude Cajueirinho foi a possibilidade de um alteamento do maciço existente e da cota de sangria, de forma a obter uma maior acumulação.

O maciço existente consiste de um aterro com 10,0 m de altura e com uma estreita crista de 4 m na cota 35,200 m e com uma extensão total de 140m. Na crista e nos taludes verificam-se algumas erosões que podem ser consequência de má compactação do solo. Observou-se a existência de um fluxo d'água pela fundação que evidencia uma ineficiência do sistema de vedação da fundação.

O sangradouro atual consiste num canal de 50 m de largura escavado em rocha que, a 30m a jusante do eixo da barragem, apresenta uma forte erosão com cerca de 5 m de desnível, que com o tempo poderá retroceder até o lago.

Pelo conjunto do exposto concluímos que o alteamento do maciço não é interessante sendo melhor a construção de outro barramento, principalmente pela presença de um boqueirão tão encaixado a pouca distancia a jusante desse.

Portanto a hipótese da construção de um novo barramento foi considerada e estudada. No entanto, essa alternativa também encontrou restrições consideráveis no que diz respeito a cota de acumulação e da fuga da ombreira esquerda.

Os arruamentos calçados e as casas de Cajueirinho situam-se a partir na cota 38,0 m e caso não seja considerada a possibilidade de remanejamento desse povoado a crista do novo vertedouro, nível normal de operação, ficaria restrito a cota 36,0 o que representa um ganho de apenas 3,0 metros no lago de acumulação existente, que em termos volumétricos significa muito pouco.

Para a construção de um novo barramento com nível normal na cota 40,0 m, o que significa um acréscimo significativo de 7,0 m de altura no atual reservatório, o povoado de Cajueirinho deveria ser remanejado. Isto sendo possível passa a ser viável a construção de um maciço de terra no boqueirão e um vertedouro de concreto CCR, com perfil Creager, na sela topográfica da ombreira esquerda.

Para efeito de uma grosseira aproximação do volume de acumulação do açude estimamos pela carta 1 : 100.000 a área da bacia do atual açude em  $S=1.600.000 \text{ m}^2$  com uma altura máxima de  $H= 7,0 \text{ m}$ , que na expressão empírica  $y= S/ (3 \cdot H^2)$ , fornece um coeficiente de ajuste ( $y$ ) de 10.884. Para o açude Tucunduba no mesmo rio, porém a montante, com uma bacia hidráulica de  $8.000.000 \text{ m}^2$  e altura de 14 m tem-se um  $y= 13.605$ .

Adotando  $y= 10.884$  e uma altura da lamina d'água de 14 m com a expressão  $V= y \cdot H^3$ , obtém-se para o açude planejado o volume de acumulação de cerca de  $30 \text{ hm}^3$ .

#### **4.7.4. Açude Inhanduba**

Uma equipe de técnicos do Consórcio visitou o local assinalado nas cartas para eventual localização do açude Inhanduba.

O local escolhido para o açude Inhanduba fica 8 km ao norte do açude Cajueirinho e foi ventilado como uma opção a esse. O barramento seria em um riacho inexpressivo, sem denominação pela população local, que possui uma extensão para montante de 9 km e que passa pelos povoados de Nazaré e Água Boa. Embora em toda região tivesse chovido por

alguns dias quando da inspeção da equipe, o riacho não apresentava fluxo d'água e uma observação de sua estreita calha não evidenciou nenhum sinal de níveis anteriores. Perguntou-se a um morador próximo a respeito do potencial de escoamento do riacho e ele informou que ele "quase nunca pega água" e que na grande enchente de 1974 ele escoou uma lamina de cerca de 1 metro numa largura de 10 m. Além da pouca capacidade da bacia contribuinte do açude verificou-se que o local tem topografia suave sem formação de ombreiras.

Evidenciou-se que o local é impróprio para abrigar qualquer obra significativa para acumulação de água e portanto deve ser descartado.

#### **4.7.5. Açude Litoral**

O local indicado para o eixo desse açude situa-se na divisa dos municípios de Cruz e Bela Cruz, no riacho da Prata na confluência com o córrego do Oscar a cerca de 4,5 km a montante do final do lago do açude da Prata, onde foram registradas as coordenadas UTM: N 9.668.000 e E 359.600.

Foi realizada uma viagem de inspeção, por uma equipe multidisciplinar do Consórcio, ao local idealizado para o açude.

O local tem ombreiras bastante suaves, sendo que a do lado direito eleva-se apenas cerca de 8-10 m acima do fundo do riacho. A região por ser próxima do litoral constitui-se basicamente de solos arenosos finos sem afloramentos rochosos significativos.

Em alguns pontos mais elevados ocorrem rochas areníticas pouco coerentes e de baixa competência. Rocha gnaissica de excelentes características para emprego em concretos e enrocamentos só foram observadas no rio Pesqueiro, próximo a estrada Jijoca- Parazinho, a cerca de 30 km de distancia. Observou-se ocorrências de solos lateríticos com pouca espessura, cerca de 0,50 m, nas margens do lago do açude da Prata e solos arenosos com seixos nas proximidades da cidade de Cruz (cerca de 20 km para o local). Depósitos aluvionares de areia média a grossa só foram observados no rio Acarau, distante 13 a 15 km do local do eixo.

Um fato que chamou a atenção foi que o eixo encontra-se só a 4,5 km do final do lago do açude da Prata, no mesmo riacho, e que esse açude existente, com capacidade de 7 milhões



MONTGOMERY WATSON



de m<sup>3</sup>, tem um sangradouro de 50 metros de largura que só sangra eventualmente e nunca atingiu lamina superior a 1,50 m.

Pensa-se, portanto, que o Açude Litoral se construído nesse local e com capacidade superior ao do açude da Prata reteria todo o fluxo que converge para esse açude praticamente secando-o e caso sua finalidade fosse a acumulação de vazões transferidas de outras bacias, sua capacidade seria drasticamente limitada pela topografia das ombreiras. Portanto o local indicado para o açude Litoral não parece viável.

NOVEMBRO / 2000

**FASE IV - ESTUDOS DE ALTERNATIVAS  
VOLUME 1 - RELATÓRIO GERAL  
TOMO II**

**ELABORAÇÃO DO DIAGNÓSTICO, DOS ESTUDOS BÁSICOS E DOS  
ESTUDOS DE VIABILIDADE DO EIXO DE INTEGRAÇÃO DA IBIAPABA**

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ  
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS**





MONTGOMERY WATSON



**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**

Governador: Tasso Ribeiro Jereissati

**SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS**

Secretário: Hypérides Pereira de Macêdo

**PROGERIRH**

Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos

***ELABORAÇÃO DO DIAGNÓSTICO,  
DOS ESTUDOS BÁSICOS E  
DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE DO  
EIXO DE INTEGRAÇÃO DA IBIAPABA***

***FASE IV – ESTUDOS DE ALTERNATIVAS***

***Volume 1 – Relatório Geral***

***Tomo II***



MONTGOMERY WATSON



## **5. ANTEPROJETO E CUSTO DAS OBRAS DE ADUÇÃO, GERAÇÃO DE ENERGIA E DEMAIS ESTRUTURAS DO EIXO DE INTEGRAÇÃO**

---

## **5. ANTEPROJETO E CUSTO DAS OBRAS DE ADUÇÃO, GERAÇÃO DE ENERGIA E DEMAIS ESTRUTURAS DO EIXO DE INTEGRAÇÃO**

Este capítulo trata da descrição da metodologia adotada neste projeto para pré-dimensionamento a nível de anteprojeto e determinação de custos, para as infra-estruturas planejadas de adução, geração de energia e demais pequenas obras consideradas no estudo.

O estudo foi dividido em duas formas distintas para pré-dimensionamento e elaboração dos custos: a primeira forma está descrita detalhadamente nos itens 5.1 a 5.5 e representa as principais obras estudadas; a segunda é apresentada no item 5.6, no qual estão apresentados os custos para aquelas obras que se configuram como variações das primeiras ou que seu custo teve os preços atualizados de estudos anteriores. Entre as principais obras estudadas enquadram-se: Adutora do aç. Jaburu I, Canal Norte, Canal Poti Sul, Adutora de Ararendá-Ipaporanga-Ipueiras e Nova Russas e Usina Hidrelétrica de Ipueiras. Dentre as demais obras estudadas estão: Sistemas de Adução e Distribuição dos açudes Paula Pessoa e Frecheirinha, Adutora de Nova Russas, a qual é uma variação da Adutora de Ararendá-Ipaporanga-Ipueiras e Nova Russas e os Açudes Planejados como alternativas localizadas.

Para o pré-dimensionamento das adutoras do açude Jaburu I e de Ararendá-Ipaporanga-Ipueiras e Nova Russas foram utilizadas como base cartográfica as cartas 1:100.000 da SUDENE, Folhas SA.24-Y-C-VI (Carta de Frecheirinha) e SB.24-V-A-III (Carta de Ipu) para a primeira adutora e SB.24-V-A-VI (Carta de Ipueiras) para a segunda. As informações contidas nestas cartas relativas a topografia, traçado das estradas e localização das cidades mostraram-se satisfatórias para o nível requerido pelos estudos aqui envolvidos.

Além das cartas da SUDENE, no caso da adutora do aç. Jaburu I, utilizou-se as informações contidas no projeto executivo da adutora da Ibiapaba, pois aquela será um ramal desta. Com relação a impactos ambientais, tomou-se o devido cuidado para o traçado da adutora não passar pelas terras do Parque Nacional de Ubajara, pertencente à União e administrado pelo IBAMA.

No caso da adutora de Ararendá-Ipaporanga-Ipueiras e Nova Russas, a qual transporta água oriunda do túnel do sistema Lontras-Inhuçu, os estudos topográficos realizados no levantamento do traçado do Canal Norte auxiliaram na determinação da cota do início da adutora para o abastecimento gravitatório das cidades atendidas.

Com relação aos canais anteprojetados, Canal Norte e Canal Poti Sul, trabalhou-se em bases cartográficas diferentes. Para o primeiro foi realizado estudo de campo de topografia para os 213 Km de extensão do canal, para pontos levantados de 40 em 40 metros, numa faixa de 300 metros de largura média, produzindo curvas de nível de 5 em 5 metros. Este levantamento topográfico foi a principal base de informações para o estudo do Canal Norte para as alternativas 1 e 2, tendo sido utilizado o programa *Softdesk* para lançar o eixo do canal em planta baixa de forma otimizada, buscando-se sempre que possível seções mistas.

Por apresentar singularidades topográficas típicas de canal de encosta de serra, alternando-se trechos em aterro e trechos em corte, com presença obrigatória de quedas em seu percurso, o levantamento topográfico realizado para o Canal Norte foi essencial para que na elaboração do anteprojeto do canal se buscasse delinear, sempre que possível, um traçado suave acompanhando as curvas de nível de sua dominância, de tal forma que a seção predominante fosse a seção mista entre corte e aterro, evitando-se ao máximo o percurso muito sinuoso ou que conduzisse a alturas de corte e aterro muito elevadas.

Já no anteprojeto do Canal Poti Sul, utilizou-se como base cartográfica para a topografia as cartas 1:100.000 da SUDENE, Folhas SB.24.V-C-III (Carta de Crateús) e SB.24.V-C-VI (Carta de Novo Oriente). Neste caso, integrou-se as informações topográficas das cartas da SUDENE à localização da mancha de solos Poti Sul, base cartográfica 1:500.000, a fim de que a definição do traçado anteprojetado dominasse topograficamente a maior parte das manchas de solo irrigáveis, atravessando-as preferencialmente no seu centro geométrico, de forma que fosse possível promover o atendimento das áreas irrigáveis gravitariamente, pelo menos na sua maior parcela. Além do condicionante da localização das áreas a serem irrigadas, outro fator determinante no traçado do canal foi a localização da unidade de conservação ambiental denominada Reserva Serra das Almas. Buscou-se o traçado que produzisse o menor caminamento dentro da reserva, já que desviar totalmente seria tecnicamente inviável. Dessa forma, o traçado anteprojetado intercepta a área da reserva por 8,0 Km.

O anteprojeto da usina hidrelétrica de Ipueiras pautou-se nos estudos topográficos realizados para o Canal Norte, pois o penstock da usina promove a primeira mudança singular de cota do canal, da 392,76 a 318 m.

No final deste volume é apresentado em anexo a metodologia desenvolvida para estimativa de custos para canais em qualquer seção e as curvas de custo para tubulações aplicadas neste estudo.

Vale salientar que neste capítulo trata-se dos aspectos técnicos para o pré-dimensionamento das obras de adução e geração de energia. No entanto, os aspectos ambientais foram cuidadosamente analisados quando da definição das obras, estando tratados mais especificamente no capítulo 6 deste volume e no Volume 6 – Estudos Ambientais, Fase IV.

## **5.1. ADUTORA DO AÇUDE JABURU I**

### **5.1.1. CONDICIONANTES DE PROJETO**

Nas Alternativas 2 e 3 do Eixo de Integração da Ibiapaba foi admitida, para o abastecimento das demandas urbanas dos municípios de Graça, Pacujá e Mucambo, a possibilidade de se utilizar o Sistema de Adutoras da Ibiapaba, construído na década passada para abastecer as cidades e localidades serranas de Viçosa do Ceará, Quatiguaba, Caruataí, Tianguá, Cedro, Ubajara, Ibiapina, Betânia, São Benedito, Guaraciaba do Norte, Sussuanha, Carnaubal, Inhuçu e Pindoguaba.

O Sistema de Adutoras da Ibiapaba compreende uma captação flutuante no açude Jaburu I, que tem uma capacidade de armazenamento de 220 hm<sup>3</sup>, constituída pela estação elevatória EE-1, recalcando para uma ETA – Estação de Tratamento de Água situada a 390 m da bacia hidráulica do açude, através de uma adutora de 500 mm prevista para a 1ª etapa do sistema. Após tratada, a água é armazenada em um conjunto de reservatórios apoiados e então é bombeada pela elevatória EE-2 para a rede de distribuição da serra propriamente dita.

A rede inicia-se por uma adutora de 500 mm partindo da EE-2, com 14,86 Km de extensão indo até o reservatório apoiado de Caruataí, de onde a partir da estação elevatória EE-3, ocorre uma bifurcação da rede em dois ramais. O primeiro ramal parte da EE-3 com uma tubulação de 350 mm indo atender as cidades de Cedro, Tianguá, Quatiguaba, Pindoguaba e Viçosa do Ceará. O segundo ramal parte da EE-3 com uma tubulação de 400 mm indo atender as demais cidades e localidades do sistema de abastecimento.

O Sistema de Adutoras da Ibiapaba, incluindo a ETA, foi dimensionado para atender um horizonte de projeto de 10 anos, por solicitação da SDU/CAGECE à empresa consultora responsável pelo projeto, correspondendo a uma vazão de 315 l/s na captação, para o ano de 2001. Entretanto o sistema de tratamento foi concebido de forma modulada para atender a uma vazão de expansão de até 600 l/s.

Inicialmente a vazão do sistema é de 315 l/s na captação e 276,31 l/s na distribuição com perda de 12% do volume captado na lavagem dos filtros. Dos 276,31 l/s aduzidos para o reservatório apoiado de Caruataí, 122,34 l/s seguem pelo ramal de 350 mm para as cidades do primeiro ramal e 152,37 l/s seguem pelo ramal de 400 mm para as demais localidades do segundo ramal. A localidade de Caruataí fica com 1,60 l/s.

A ETA do Sistema Ibiapaba foi projetada a partir de uma concepção de modulação de suas unidades, de tal forma que se possa atingir no futuro uma expansão da sua capacidade de tratamento para 600 l/s, bastando a construção e interligação de novos módulos de floculadores, tanques de decantação, conjunto de filtros e sistema de cloração final. Para abastecimento da demanda expandida após o ano 2001, as linhas de adução seriam ampliadas pela construção em paralelo de uma segunda tubulação nos trechos em que se fizessem necessárias. O Quadro 5.1. apresenta as demandas projetadas para o ano 2001 de acordo com os dados do projeto original de 1991/1992.

**Quadro 5.1: Projeção das Demandas do Sistema de Adutoras da Ibiapaba para o Ano 2001**

Localidade	População Urbana em 1980	Projeção Populacional Ano 2001	Demanda no Dia de Maior Consumo	
			Q (m <sup>3</sup> )	Q (l/s)
Viçosa do Ceará	3.908	6.386	1.149,48	13,304
Quatiguaba	920	1.394	250,92	2,904
Tianguá	14.365	48.835	8.790,30	101,740
Caruataí	497	753	135,54	1,569
Pindoguaba	310	1.054	189,72	2,196
Ubajara	5.503	18.708	3.367,44	38,975
Ibiapina	3.145	10.405	1.872,90	21,677
Betânia	660	1.000	180,00	2,083
São Benedito	8.278	22.245	4.004,10	46,344
Inhuçu	1.032	1.564	281,52	3,258
Guaraciaba do Norte	4.283	12.022	2.163,96	25,046
Sussuanha	178	270	48,60	0,563
Carnaubal	3.841	6.915	1.244,70	14,406
TOTAL	48.900	131.551	23.679,18	274,065

Fonte: SRH, Sistema de Adutoras da Ibiapaba – Relatório de Síntese 1993

A primeira fase do sistema foi implantada entre Out/91 a Ago/94, contemplando a Captação, a Estação de Tratamento de Água para 315 l/s, 106,00 Km de adutoras e 13 reservatórios cuja capacidade total de reserva é de 15.859 m<sup>3</sup>. A segunda fase foi realizada no período de Abril a Setembro de 1996, correspondendo à implantação de 44,30 Km de adutoras para

abastecimento da cidade de Viçosa do Ceará e os distritos de Quatiguaba e Pindoguaba além dos dois reservatórios elevados dos distritos.

Considerando-se *somente a demanda humana* para abastecimento das cidades de Graça, Pacujá e Mucambo, além do distrito de Lapa no município de Graça, as vazões incrementais serão insignificantes para o porte do Sistema de Adutoras da Ibiapaba. O Quadro 5.2 apresenta as demandas destas concentrações urbanas para os horizontes de projeto de 2010, 2020 e 2030.

**Quadro 5.2: Demanda Humana para Diversos Horizontes de Projeto das Cidades de Graça, Pacujá e Mucambo e Distrito de Lapa no município de Graça**

Localidade	Vazões Previstas nos Horizontes de Projeto dos Anos: (m <sup>3</sup> /s)		
	2010	2020	2030
Graça	0,006	0,009	0,010
Lapa-Distrito	0,003	0,004	0,004
Pacujá	0,006	0,009	0,010
Mucambo	0,012	0,018	0,019
Demanda Total	0,027	0,040	0,043

Comparando-se as vazões projetadas para a ETA do Sistema de Adutoras da Ibiapaba apresentadas no Quadro 5.1, com as vazões demandadas pelas quatro localidades do Quadro 5.2, observa-se que a vazão incremental dessas localidades é pouco representativa em relação ao porte do sistema implantado. O Quadro 5.3 apresenta a comparação em termos absolutos e percentuais entre a capacidade do sistema implantado e a demanda humana requerida por aquelas localidades.

**Quadro 5.3: Comparação Entre a Capacidade Instalada do Sistema de Adutoras da Ibiapaba e a Demanda das Cidades de Graça, Pacujá e Mucambo.**

Sistema	Vazões Previstas nos Horizontes de Projeto dos Anos: (m <sup>3</sup> /s)		
	2010	2020	2030
Graça, Pacujá, Mucambo e Lapa	0,027	0,040	0,043
Sistema Implantado de Adutoras da Ibiapaba	0,274	0,274	0,274
Soma	0,301	0,314	0,317
Porcentagem de Acréscimo da Vazão com as Novas Localidades	9,8%	14,5%	15,6%

Observa-se então que o impacto da inserção das novas localidades no sistema é de apenas 10% para o horizonte de projeto do ano 2010 e deverá manter-se praticamente constante no patamar de 15 % para o ano horizonte de 2030. O que se pode concluir dessa comparação é que *não se faz necessária* a imediata ampliação do sistema existente, pois a capacidade de tratamento da ETA da Ibiapaba não será comprometida em sua totalidade pela inserção das novas localidades.

Como não haverá impacto na vazão de tratamento da ETA, restou avaliar o impacto de condução da água para as localidades de Graça, Pacujá e Mucambo através das tubulações que atualmente transportam a água do Sistema de Adutoras da Ibiapaba até o Reservatório Apoiado da cidade de Ibiapina, a partir do qual descera uma adutora gravitária a ser construída para abastecimento dessas localidades.

Os condicionantes de projeto para pré-dimensionamento desta adutora de alimentação são descritos nos parágrafos seguintes.

O primeiro passo foi identificar o melhor local para prover a descida gravitária da serra. A alternativa técnica mais viável seria aquela que resultasse numa menor distância de adução e apresentasse condições mais favoráveis do ponto de vista construtivo, tais como facilidade de acesso e pré-existência de estrada ou caminho de serviço que permitisse um caminhamento adequado para a adutora a ser construída.



O único local que apresenta as condições favoráveis supracitadas é a partir da cidade de Ibiapina, pois existe uma estrada de terra descendo a serra até o encontro com a rodovia estadual que liga Ibiapina a Mucambo e daí até a cidade de Sobral. Por Ubajara seria inviável devido não existir estrada de acesso além da impossibilidade de se projetar uma adutora cortando o Parque Nacional de Ubajara, pertencente à União e administrado pelo IBAMA.

A alimentação da adutora gravitária será obrigatoriamente pelo mesmo traçado do sistema de abastecimento existente, desde a ETA do açude Jaburu I até a cidade de Ibiapina.

### 5.1.2. Memória de Cálculo e Estimativas de Custo

O primeiro trecho corresponde ao caminhamento feito pela adutora existente de 500 mm, que sai da ETA do Jaburu I até o reservatório apoiado de Caruataí, onde se localiza a estação elevatória EE-3. A vazão atual nesta adutora, que tem 14,86 Km de extensão, é de 276,31 l/s. A velocidade nesta linha de adução nas *condições atuais* é dada por:

$$V = \frac{Q}{A_{tubo}}$$

$$\text{Daí, } V = 0,27631 \text{ m}^3/\text{s} * 4 / (\pi * 0,5^2) = 1,407 \text{ m/s}$$

A perspectiva de se aduzir a vazão de 43 l/s correspondendo à demanda de Graça, Pacujá e Mucambo prevista para o ano de 2030 através da tubulação atual de 500 mm, ampliaria a vazão aduzida para 319 l/s ou 0,319 m<sup>3</sup>/s. A velocidade na adutora passaria a ser:

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \times 0,319}{\pi \times 0,5^2} = 1,62 \text{ m/s}$$

Isto representa um incremento de 15% no valor da velocidade mantendo-se esta ainda dentro da faixa recomendada para sistemas de adução. Portanto, pode-se aduzir a vazão incremental das cidades de Graça, Pacujá e Mucambo e distrito da Lapa pela mesma tubulação atual neste trecho de 500 mm de diâmetro.

O segundo trecho vai da Estação Elevatória EE-3 de Caruataí até o Reservatório Apoiado de Ibiapina constando de uma tubulação em ferro fundido DN 400 mm com 16,075 Km de extensão, aduzindo atualmente cerca de 152,37 l/s no primeiro trecho de 7,04 Km, e cerca de 113,40 l/s no restante do percurso até o RA de Ibiapina.

Incrementando-se a vazão de 43 l/s nestes trechos, as velocidades resultantes seriam de:

1° Trecho: L = 7,04 Km

$$V = \frac{4 \times 0,1953}{\pi \times 0,4^2} = 1,554 \text{ m/s}$$

2° Trecho: L = 9,035 Km

$$V = \frac{4 \times 0,1564}{\pi \times 0,4^2} = 1,244 \text{ m/s}$$

As velocidades resultantes então ficariam dentro da faixa ideal para projeto de sistema de adução e, portanto, seria possível conduzir toda a vazão demandada pelas localidades através da tubulação existente sem necessidade de investimento complementar.

De fato, uma vez que a velocidade é compatível com o sistema, sequer haveria necessidade de investimento no sistema de bombeamento pois a perda de carga adicional seria insignificante.

Conclui-se que **nenhum investimento** será necessário desde a ETA do Açude Jaburu até o reservatório apoiado de Ibiapina, de onde parte a adutora gravitária que vai atender as localidades de Graça , Pacujá e Mucambo e o distrito de Lapa no município de Graça.

Deverá ser então construída a adutora gravitária para abastecimento dessas localidades. Para tanto foi tomado partido da enorme diferença de cota entre o Reservatório Apoiado de Ibiapina (cota 883,00) e as cotas das localidades principais a serem abastecidas pela adutora saindo do mesmo. Mucambo está na cota 160,00, Pacujá na cota 150,00 e Graça na cota 175,00.

Como Graça é a localidade mais distante e mais elevada a ser atendida pela adutora gravitária, foi então considerada o ponto mais crítico do sistema a implementar. Mesmo assim, o desnível geométrico entre o RA de Ibiapina e Graça é de 708 m (cota 883,00-cota 175,00) configurando assim uma altura estática incompatível com tubulações de PVC ou PRFV. Até mesmo a tubulação de ferro fundido K-9 seria inadequada para emprego na adutora gravitária dada a pressão estática de até 68,5 Kgf/cm<sup>2</sup>. Portanto, a única tubulação possível de ser adotada é o aço carbono, calculada para a pressão dinâmica máxima levando em conta o golpe de aríete no sistema.

O Quadro 5.4 apresenta a memória de cálculo dos trechos de tubulação tendo sido empregada a equação de Hazen-Williams com coeficiente  $C=130$ .

**Quadro 5.4: Memória de Cálculo da Adutora Gravitária de Graça, Pacujá e Mucambo. Adutora em Aço Carbono ( $C=130$ )**

Trecho	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Diâmetro (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga Unitária (m/m)	Extensão (Km)	Perda de Carga Total (mca)
RA Ibiapina até Mucambo	0,043	200	1,4	0,009819	17,6	172,82
Mucambo até Pacujá	0,024	150	1,36	0,013550	10,4	140,94
Pacujá até Graça	0,014	150	0,80	0,005000	10,1	50,50

A perda de carga total no sistema é de 364,26 m enquanto que a perda de carga disponível é de 708m, entretanto considerou-se melhor não se empregar diâmetros menores em virtude da necessidade de limitação da velocidade dentro da faixa compatível com os demais órgãos acessórios da adutora e também para se reduzir o golpe de aríete na tubulação. Esta consideração levou em conta também a perspectiva de se implantar, provavelmente, chafarizes ao longo da adutora para abastecimento de pequenas comunidades ao longo de seu percurso.

O pré-dimensionamento da chapa de aço foi feito considerando-se que a tubulação deveria resistir à soma da carga estática dada pela cota do NA Máximo no RA de Ibiapina mais a sobrepressão dinâmica em função do golpe de aríete provocado por manobra de fechamento rápido de registro de linha na adutora.

A celeridade da onda de choque foi calculada como sendo 1.320 m/s para tubulação em aço carbono. A velocidade da água no regime permanente na adutora DN 200 mm é de 1,4 m/s. Assim o sobrecarga máxima é de:

$$h_{\max} = \frac{a \times V}{g} = \frac{1320 \times 1,4}{9,81} = 188,4 \text{ mca}$$

A pressão dinâmica máxima na adutora seria de  $(883-160)+188,4=911,5$  mca ou 88,2 Kgf/cm<sup>2</sup>. Então a espessura da chapa de aço será:

$$e = \frac{88,2 \times 20}{2 \times 1000} = 0,882 \text{ cm}$$

A chapa de aço equivalente é 8,8 mm ou 3/8". Os custos da adutora gravitária são apresentados no Quadro 5.5.

**Quadro 5.5: Custo da Adutora Gravitária para Abastecimento de Graça, Pacujá e Mucambo.**

Trecho	Diâmetro (mm)	Custo Unitário (US\$/Km)	Extensão (Km)	Custo Total (US\$)
RA Ibiapina – Mucambo	200	129.123,60	17,6	2.272.575,36
Mucambo – Pacujá	150	108.277,44	10,4	1.126.085,37
Pacujá – Graça	150	108.277,44	10,1	1.093.602,14
Eventuais (10%)				449.226,28
Custo Total do Sistema	-	-	-	4.941.489,15

O custo total do sistema para abastecer Graça, Pacujá e Mucambo a partir do aproveitamento da infra-estrutura do Sistema de Adutoras da Ibiapaba é de US\$ 4.941.489,15 ou cerca de R\$ 8.894.680,48.

## 5.2. ANTEPROJETO DAS OBRAS DO CANAL NORTE

### 5.2.1. Considerações Iniciais e Descrição Geral do Sistema

Na Alternativa 1, o Canal Norte destina-se a transportar a água do Açude Fronteiras, que tem uma capacidade de acumulação de 950 hm<sup>3</sup>, para abastecimento das demandas localizadas nas bacias do Acaraú e Coreaú, perfazendo uma transposição real de águas da bacia do Poti para aquelas bacias. Conforme descrito no Capítulo 2, item 2.2.1, o Canal Norte abastece em seu primeiro terço as diversas demandas urbanas e rurais dos municípios de Ipaporanga e Ararendá, além da potencialmente irrigável mancha de solos de 10.537 ha existente nesses dois municípios e dos Projetos de Irrigação de Ipaporanga e Boa Esperança com 1.710 ha.

Ao cruzar o divisor das bacias do Poti e Acaraú, o Canal Norte recebe as águas provenientes dos açudes Lontras e Inhuçu através da UHE de Ipueiras. Nesse local, libera-se o excedente de água para a bacia do Acaraú, abastecendo o município de Ipueiras e descarregando a vazão excedente no açude Paulo Sarasate para atendimento à demanda de irrigação da bacia do Acaraú.

Ao longo do trecho entre o açude Fronteiras e a descarga na adutora de alimentação da usina hidrelétrica (UHE) de Ipueiras, o Canal Norte tem um perfil de fundo horizontal, desenvolvendo-se pela cota 392,760 m, de forma que seja possível uma reversão de fluxo nesse trecho em condições excepcionais de ocorrência de um déficit hídrico no açude Fronteiras e um excedente no sistema Inhuçu-Lontras. Assim, parte da mancha de solos potencialmente irrigável entre Ararendá-Ipaporanga seria atendida pela vazão regularizada pelo complexo de açudes Inhuçu-Lontras sob tais condições.

A obra tipo para conexão entre o Canal Norte e o penstock de abastecimento da UHE de Ipueiras, de tal forma que se possa interligar os dois sistemas, não foi detalhada nesta fase de estudos de viabilidade, pois se trata de um detalhe inerente ao Projeto Básico de engenharia.

O encontro do Canal Norte com a adutora da usina hidrelétrica ocorre na estaca 99+800m, considerando-se como unidade de estaca o quilometro. Dessa forma são cerca de aproximadamente 100 Km entre a captação no açude Fronteiras e a descarga no penstock da usina hidrelétrica. A partir desse ponto, o Canal Norte segue pela cota 320,00 m com fundo na cota 318,00 margeando a encosta da serra da Ibiapaba e irá alimentar ainda as demandas dos municípios de Ipu, Pires Ferreira, Reriutaba, Graça, Pacujá e Mucambo, além das manchas de solo de Ipueiras/Ipu (283 ha) e Graça (1.671 ha) até seu ponto final na bacia do Coreaú, onde liberará o excedente de água no açude Frecheirinha, que servirá para reforçar o abastecimento da demanda urbana e rural do município de mesmo nome e da mancha de solos Frecheirinha.

A extensão total do Canal Norte é de 212,767 Km, desde a captação até o deságüe em afluente ao açude Frecheirinha. Entretanto, o Canal Norte tem ao longo de seu trajeto três mudanças bruscas de cota e um túnel de 5 Km de extensão, devido aos condicionantes topográficos decorrentes de sua característica de canal em encosta e dos pontos obrigados de condição para atendimento às demandas situadas ao longo do mesmo.

A primeira mudança singular de cota é na passagem do caminhamento de fundo horizontal desde a cota 392,760 m para a cota 318,00 no encontro com o penstock da usina hidrelétrica que se dá na estaca 99+800m, conforme já anteriormente descrito. A segunda mudança singular de cota é na estaca 129+000 à altura de Ipu, passando da cota 315,08 para a cota 269,095 m através de uma adutora de 1400 mm em aço carbono com 390 m de extensão.

A terceira mudança de cota ocorre na saída do túnel que começa na estaca 173+000 m e finda na estaca 177+640 m, correspondendo a uma nova adutora de 1400 mm descendo da cota

238,87m para a cota 210,20m. O final do Canal Norte se dá na estaca 212+767,14m na cota 207,029m.

O perfil do Canal Norte se caracteriza por apresentar singularidades topográficas típicas de seu desenvolvimento por uma encosta de serra, alternando-se trechos em aterro e trechos em corte, com presença obrigatória de quedas em seu percurso. O anteprojeto do canal foi feito visando sempre que possível, delinear um traçado suave acompanhando as curvas de nível de sua dominância, de tal forma que a seção predominante fosse a seção mista entre corte e aterro, evitando-se ao máximo o percurso muito sinuoso ou que conduzisse a alturas de corte e aterro muito elevadas. Além disso, do ponto de vista ambiental, procurou-se elaborar um traçado que cortasse o menor número de pequenos riachos possível que nascem no sopé da serra.

Convém apresentar aqui os seguintes parágrafos elucidativos das prerrogativas empregadas para nortear o traçado dos canais, que também são reapresentados no texto inerente às alternativas que contemplam o Canal Sul Fronteiras da Alternativa 3.

As seções tipicamente em corte têm a desvantagem de exigirem a escavação acentuada em material de 3ª categoria, devido à presença do substrato rochoso a pouca profundidade, uma vez que a região tem uma geologia típica do cristalino, com camadas de solo muito rasas. Este problema é particularmente significativo nos trechos na encosta da serra da Ibiapaba.

As seções tipicamente em aterro têm a desvantagem de requererem empréstimo de material para o aterro proveniente de jazidas, as quais não são abundantes em material na região considerada devido à pouca profundidade das camadas de solo, obrigando à busca de jazidas cada vez mais longe do local das obras, onerando o custo devido ao aumento de transporte. A baixa qualidade do material das jazidas regionais é também uma preocupação adicional para o projeto das seções em aterro. Isto faz com que este tipo de seção se torne às vezes mais caro que seções em corte de pouca profundidade.

A seção ideal de projeto é a seção mista em que a seção de escoamento fique situada abaixo da cota do terreno natural, requerendo escavação de pouca profundidade, e que parte das bermas fiquem construídas em aterro. As vantagens desse tipo de seção podem ser enumeradas como:

- eliminam-se os problemas de drenagem e estabilidade da seção porque a maior parte do tirante d'água ficaria confinado abaixo da cota do terreno natural, garantido assim uma baixa percolação, ou mesmo eliminação desta, em aterro com material proveniente de jazidas;
- devido ao fato do tirante d'água estar em parte situado abaixo da cota do terreno natural, não haveria a exigência de se construir as bermas com material de qualidade mais nobre proveniente de jazidas, encarecendo o custo devido ao momento de transporte. Aproveitar-se-ia ao máximo o próprio material escavado em corte para construção das bermas laterais.

Dessa forma, procurou-se otimizar o traçado dos canais de forma a que houvesse predominância da seção mista em relação às demais seções puramente em corte ou só em aterro. Os volumes de material envolvidos na construção do Canal Norte apresentam os seguintes quantitativos relativos a toda sua extensão:

- aterro: 14.238.009,53 m<sup>3</sup>
- corte: 6.238.325,94 m<sup>3</sup>
- concreto: 242.258,67 m<sup>3</sup>
- piçarra para estrada lateral: 226.050,71 m<sup>3</sup>

O volume de aterro é um pouco mais que duas vezes a quantidade de corte necessário para construção da obra do canal. Essa diferença, aparentemente, poderia revelar que o greide de lançamento do fundo do canal não se encontrava otimizado, porém isto é na verdade apenas uma falsa impressão uma vez que se deve levar em conta os seguintes aspectos:

- a área de corte na seção transversal é realmente bem inferior à área de aterro necessária para execução das bermas dos aterros laterais para uma seção do tipo mista, pois o corte é predominante na base de fundo do canal que é sua parte mais estreita, enquanto que a parte em aterro apresenta maior largura na seção transversal;
- as seções eminentemente em corte são mais estreitas do que as seções eminentemente em aterro, isto porque enquanto o talude de estabilidade dos aterros é de 3/2 (H:V) o talude das seções em corte é o inverso 2/3 (H:V), assim, um

quilômetro de seção em corte tem menor volume de terra movimentado do que um quilômetro de seção exclusiva em aterro.

A captação da água no açude Fronteiras se faz através de uma estação de bombeamento denominada EB-1 que deverá ser construída à altura da ombreira direita do açude, através de uma obra de engenharia que envolve a construção da mesma em poço seco, recalando diretamente para o ponto de deságüe no início do Canal Norte.

### **5.2.2. Memorial de Cálculo**

A memória de cálculo apresentada a seguir teve por objetivo estabelecer valores referenciais para as dimensões das obras e equipamentos do anteprojeto de forma a se poder aquilatar seus custos da forma mais aproximada possível da realidade.

Os custos dos canais e adutoras projetados para o Canal Norte foram baseados em planilhas de custos elaboradas pela Consultora, apresentados no Anexo A deste Volume, calcados nos custos regionais elaborados com base na Tabela de Preços da Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – SRH/CE, uma vez que se observou uma superestimativa dos preços apresentados na publicação PGPI- Planejamento Geral de Projetos de Irrigação, nas quais foram baseados os demais custos das obras das estações elevatórias e obras correlatas.

Assim, para as EB`s foram empregadas as curvas de custos da publicação Planejamento Geral de Projetos de Irrigação do Ministério da Integração Regional/ Secretaria de Irrigação, Brasília, 1993, que apresenta curvas de custos para os diversos tipos de obras e equipamentos aplicáveis a estudos de viabilidade de projetos de irrigação e obras similares.

Foram aplicados índices de correção dos preços das obras e equipamentos apresentados nas curvas em função da data de sua elaboração, convertendo-os para preços relativos ao ano 2000, através da publicação Bureau of Reclamation Construction Cost Trends, uma vez que a totalidade das curvas da publicação anteriormente citada (PGPI) apresenta os custos em Dólar Americano (US\$). Empregou-se o fator de conversão US\$ 1,00 = R\$ 1,80 para conversão dos valores em dólar para o Real.

#### **5.2.2.1. Estação de Bombeamento EB-1**

A EB-1 é uma captação do tipo fixa, construída em poço seco na ombreira direita da barragem do açude Fronteiras. A EB-1 ficará situada na parte de jusante da barragem sendo alimentada por uma galeria de alimentação de seus poços de sucção. Esta solução é a melhor alternativa



em vista da variação de nível do reservatório entre a cota mínima de 252,00 m para a cota máxima de 265,00 m.

A EB-1 tem por objetivo recalcar a vazão de 12,877 m<sup>3</sup>/s para suprimento ao Canal Norte, descarregando na cota 394,00 em sua respectiva caixa de restituição de nível d'água.

A vazão de 12,87 m<sup>3</sup>/s será recalçada da cota 252,00 para a cota 394,00 no início do Canal Norte, através de 8 bombas centrífugas comuns.

A vazão por bomba é:

$$q = \frac{12,87}{8} = 1,608 \text{ m}^3 / \text{s}$$

O diâmetro econômico da adutora principal em aço carbono foi feito com base na limitação da velocidade máxima admitida como 2,00 m/s. O diâmetro da tubulação foi calculada pela Fórmula de Bresse na forma:

$$D = 0,95Q^{0,43}$$

A adutora dupla em aço carbono terá uma vazão de 6,435 m<sup>3</sup>/s e limitando-se a velocidade em 2,00 m/s, ter-se-á uma área útil de seção de 3,2175 m<sup>2</sup> , daí o diâmetro será:

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \times 3,2175}{\pi}} = 2,02 \text{ m}$$

Adotou-se o diâmetro DN 2200 mm para as duas tubulações que formam a adutora dupla de recalque da EB-1 para o Canal Norte, para se reduzir ao máximo a perda de carga e o conseqüente elevado custo de energia deste bombeamento devido ao acentuado desnível geométrico de 142m.

Para o cálculo das perdas de carga contínuas empregou-se a equação de Hazen-Williams adotando-se os coeficientes C=130 para o aço. A equação é da forma:

$$J(m/m) = \frac{10,641}{C^{1,85}} \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}}$$

A perda de carga unitária na tubulação da adutora DN 2200 mm é:

Como o comprimento máximo da adutora é de 810 m, a perda de carga distribuída é :

$$J = \frac{10,641}{130^{1,85}} \frac{6,435^{1,85}}{2,2^{4,87}} = 0,0008798 \text{ m} / \text{m}$$

$$H_d = J \times L = 0,0008798 \times 810 = 0,712m$$

A perda de carga localizada em válvulas e conexões foi estimada em 10% da perda de carga distribuída:

$$H_l = 0,1H_d = 0,1 \times 0,712 = 0,071m$$

Assim, a perda de carga total na tubulação de aço DN 2200 mm é:

$$H_t = H_d + H_l = 0,712 + 0,071 = 0,783m$$

Admitindo-se ser desprezível a perda de carga na sucção comparada ao do recalque pelo porte das tubulações, obteve-se a altura manométrica total pela soma da diferença geométrica de nível entre a sucção e a cota de descarga no Canal Norte, com as perdas de carga totais na tubulação:

$$\text{Desnível geométrico: } H_g = 394,00 - 252,00 = 142,00 \text{ m}$$

Altura Manométrica Total:

$$H_{man} = 142 + 0,783 = 142,783m$$

Para uma vazão unitária por bomba de 1,608 m<sup>3</sup>/s ou 5.791 m<sup>3</sup>/hora, a bomba de referência selecionada foi o modelo KSB RDL 600-830 A , 1160 RPM,  $\eta=83\%$ , rotor 870 mm.

A potência foi calculada pela equação:

$$P(\text{Watts}) = \frac{\gamma \times Q \times H_{man}}{\eta_{conj}}$$

sendo  $\gamma$  = peso específico da água ( 9.810 N/m<sup>3</sup>);

Q = vazão em m<sup>3</sup>/s;

H<sub>man</sub> = altura manométrica total em m;

$\eta_{conj}$  = rendimento do conjunto motor-bomba, considerado com sendo 0,74

Assim, a potência do bombeamento unitário será:

$$P = \frac{9.810 \times 1,608 \times 142,783}{0,74} = 3.043.685,91W = 3.043,6KW = 4.080CV$$

A potência total instalada na EB-1 devido as 8 bombas, considerando ainda um acréscimo de 10% para o fator de potência dada essa magnitude de potência unitária será:

$$P = 1,1 \times 4.080 \times 8 = 35.904 \text{ CV}$$

ou ainda 26.783 KW.

#### 5.2.2.2. Adutora Dupla de Aço Carbono DN 2200 mm da EB-1

Cada tubulação da adutora dupla de aço carbono DN 2200 mm conduzirá metade da vazão máxima de projeto de 12,87 m<sup>3</sup>/s, ou seja 6,435 m<sup>3</sup>/s, desde a EB-1 até a cota de descarga no Canal Norte.

Inicialmente foi feito um pré-dimensionamento da chapa considerando-se que a adutora não estaria protegida contra a o efeito do golpe de aríete por ocasião da parada do bombeamento. Por esse critério, foi admitida uma chapa de espessura 9/16” para a adutora e calculada a celeridade da onda para o golpe pela equação aproximada:

$$C(m/s) = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \times \frac{D}{e}}}$$

sendo k = 0,5 (aço);

D = diâmetro da adutora (2200 mm);

e = espessura da chapa (14,28 mm);

O resultado foi uma celeridade de 884,31 m/s que implicaria numa sobrecarga máxima calculada pela fórmula simplificada:

$$h_{\max} = \frac{C \times V}{g}$$

sendo C = celeridade da onda (884,31 m/s);

V = velocidade do escoamento em regime permanente (1,69 m/s)

g = aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>).

O cálculo da sobrecarga máxima devida ao golpe de aríete por ocasião da parada do bombeamento por esta equação simplificada seria de 152,34 mca, que somada à pressão estática máxima de 142 m, daria uma pressão dinâmica interna da ordem de 28 kgf/cm<sup>2</sup>.

Para esta pressão interna, a espessura da chapa seria calculada pela expressão:

$$e = \frac{p \times D}{2 \times \sigma}$$

sendo p = pressão interna em kgf/cm<sup>2</sup>;

D = diâmetro da adutora em cm;

$\sigma$  = tensão admissível do aço sem costura ( 1400 kgf/cm<sup>2</sup>).

O resultado seria uma espessura de chapa de 2,23 cm, equívulendo a uma chapa de 7/8" de aço especial sem costura.

O presente pré-dimensionamento tem o objetivo meramente estimativo do custo da adutora, uma vez que por ocasião do Projeto Básico deverá ser verificado o transiente hidráulico real e dimensionado o respectivo equipamento de proteção da adutora.

### 5.2.2.3. Canal Norte

O trecho inicial do Canal Norte foi pré-dimensionado para o transporte de 12,87 m<sup>3</sup>/s, em seção trapezoidal revestida em concreto, com base inferior medindo 17,00m, altura de lâmina d'água de 3,74 m e declividade nula no seu trecho inicial desde a captação até o encontro com o penstock da UHE de Ipueiras, possuindo taludes laterais 3/2 (H:V) e folga de 0,76 m para a cota da berma. A seção geométrica assim definida permite passar a vazão de projeto com regime subcrítico, uma vez que a altura crítica é de 0,384m.

Os demais trechos do Canal Norte também foram dimensionados pelo emprego da Equação de Manning adotando-se um coeficiente n = 0,014, correspondendo a um revestimento em concreto comum. Não foi adotado o valor de n = 0,013 como indicado em algumas referências bibliográficas para o concreto liso, para se levar em conta a possibilidade de alguma imperfeição no processo construtivo, além do inevitável assoreamento com o decorrer do tempo para obras desse porte que conduzem água à céu aberto por longos trechos em corte.

Mesmo tomando-se os necessários cuidados de projeto relativo à proteção das encostas dos cortes e do sistema eficiente de drenagem das águas pluviais, sempre haverá uma parcela de

sedimentos que irão inevitavelmente se depositar no leito do canal, até mesmo carregado por forças outras que não a chuva, como por exemplo, a ação eólica do transporte de sedimentos.

O dimensionamento geométrico para o regime permanente obedeceu a Equação de Manning do tipo:

$$Q = \frac{A_m \times R_h^{2/3} \times \sqrt{S_f}}{n}$$

em que: Q = vazão em m<sup>3</sup>/s;

A<sub>m</sub> = área da seção molhada do canal (m<sup>2</sup>);

R<sub>h</sub> = raio hidráulico igual ao quociente da área molhada pelo perímetro molhado;

n = coeficiente de Manning;

S<sub>f</sub> = declividade da linha de energia que deve ser igual à declividade de fundo do canal para regime permanente e uniforme.

Para o cálculo da profundidade crítica em seção do tipo trapezoidal foi adotada uma equação de recorrência com base no algoritmo de Newton Raphson do tipo:

$$Y_{c(i+1)} = Y_{ci} - \frac{Y_{ci}^3 \times (b + z \times Y_{ci})^3 - \left(\frac{Q^2}{g}\right) \times b - 2 \left(\frac{Q^2}{g}\right) \times z \times Y_{ci}}{3 \times Y_{ci}^2 (b + z \times Y_{ci})^3 + 3 \times z \times Y_{ci}^3 (b + z \times Y_{ci})^2 - 2 \left(\frac{Q^2}{g}\right) z}$$

em que: b = base inferior da seção trapezoidal;

z = talude lateral da forma H:V

Y = altura da lâmina d'água no canal;

Q = vazão;

g = aceleração da gravidade.

Para a qual se obtém uma rápida convergência pela aplicação da aproximação inicial dada por:

$$Y_{c\text{inicial}} = \left( \frac{Q^2}{g \times b^2} \right)^{1/3}$$

O pré-dimensionamento das seções geométricas para cada vazão por trecho de canal foi feito empregando-se um programa computacional escrito em linguagem Fortran por Enéas da Silva<sup>5</sup>, de forma a se estabelecer os custos aproximados por trecho do Canal Norte.

O Quadro 5.6 apresenta as dimensões das seções geométricas adotadas para o orçamento dentro de cada faixa de variação de vazão no trecho horizontalizado do Canal Norte. As seções não são de máxima eficiência hidráulica em virtude de ser quase impossível se empregar a relação  $Y/b$  relativas a estas seções, dada as condições geológicas da região. A presença do substrato cristalino a pouca profundidade impede o emprego de seções hidráulicas otimizadas pelo custo elevado que resultaria na escavação de grandes profundidades em material de 3ª categoria ou rocha sã. A declividade adotada foi de  $10^{-6}$  m/m, praticamente horizontal, e o coeficiente de Manning  $n = 0,014$

**Quadro 5.6: Parâmetros Hidráulicos do Trecho Horizontalizado do Canal Norte em Função da Vazão**

Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Largura da Base b (m)	Lâmina d`água Y (m)	Lâmina Crítica Y <sub>c</sub> (m)
12,87	17	3,74	0,384
8,76	11	3,73	0,394
6,26	8	3,72	0,387
3,73	3	3,78	0,495

Para os demais trechos não horizontalizados do Canal Norte foram feitos cálculos dos parâmetros hidráulicos trecho a trecho em função da declividade disponível, em função da topografia do terreno e dos pontos obrigados de passagem condicionantes do traçado do canal.

As declividades foram ajustadas de forma a não gerarem regime supercrítico de escoamento, mantendo-se sempre o número de Froude abaixo de 0,5. O Quadro 5.7 apresenta o sumário dos diversos segmentos do Canal Norte com suas cotas de início, de fim e declividades lançadas para orçamento do mesmo a nível de viabilidade.

<sup>5</sup> Enéas da Silva, F. O., “Canal4 – Dimensionamento de Seções de Canais”, Professor Adjunto de Hidráulica, Universidade de Fortaleza.

**Quadro 5.7: Dados dos Segmentos do Canal Norte**

Segmentos por Estaqueamento (UE=1Km)		Cotas		Declividade (%)
Início	Fim	Início	Fim	
00+000	99+800	392,760	392,760	0,0001
99+800	129+000	318,000	315,080	0,01
129+000	161+000	269,095	249,210	0,062
161+000	173+000	249,210	241,753	0,062
173+000	177+640	241,753	238,870	0,062*
177+640	177+800	238,870	210,200	17,919**
177+800	178+125	210,200	210,000	0,062
178+125	212+767,14	210,000	207,029	0,009

\*Trecho em túnel

\*\* Trecho em adutora

### 5.2.3. Custos das Obras do Canal Norte

Toda a metodologia descrita no item 5.2 até então descreveu a metodologia de cálculo para o Canal Norte proposto na Alternativa 1. No entanto, esta mesma metodologia foi aplicada para o Canal Norte proposto na Alternativa 2, o qual é uma variação do primeiro. Nessa última alternativa o Canal Norte tem a vazão máxima de 10,875 m<sup>3</sup>/s em seu primeiro trecho, terminando no encontro com o túnel e hidrelétrica, sendo liberada uma vazão máxima de 1,575 m<sup>3</sup>/s, que em conjunto com a vazão liberada pelo Sistema Inhuçu/Lontras (3,8 m<sup>3</sup>/s), proporciona o atendimento ao município de Ipueiras e às áreas potenciais de irrigação do baixo e médio Acaraú.

Em ambas as alternativas o volume de terraplenagem foi estimado da seguinte forma:

- Utilizou-se como base topográfica o levantamento topográfico realizado pelo Consórcio nos 213 Km do Canal Norte;
- Lançou-se, fazendo-se uso do programa Softdesk, o eixo do canal em planta baixa;
- Traçou-se as curvas de concordância entre os PI's;
- Gerou-se o perfil vertical desse eixo lançado;
- Lançou-se as cotas do eixo do canal (greide) do Quadro 5.7.

- Aplicou-se as seções do canal do Quadro 5.6 a cada trecho correspondente, obtendo-se os volumes de corte e aterro.

O programa supracitado realiza automaticamente todo o cálculo.

No Volume 2 - Anteprojeto das Obras, pode-se observar as plantas baixa e perfis do Canal Norte, além das seções transversais em cada trecho.

A seguir é apresentada estimativa de custos para o Canal Norte em ambas as alternativas.

### 5.2.3.1. Custo do Canal Norte para a Alternativa 1

Nos Quadros 5.8 e 5.9 a seguir são apresentados os custos para as obras de captação e o canal propriamente dito para o Canal Norte da Alternativa 1.

**Quadro 5.8: Custos Consolidados da Captação do Canal Norte para a Alternativa 1**

Item	Custo em R\$	Custo em US\$
<b>1- Estação Elevatória EB-1</b>		
1.1 Conjuntos Eletrobombas		
1.2 Obras Civas e Urbanismo		
1.3 Equipamentos Elétricos		
1.4 Equipamentos Diversos		
1.5 Subestações	27.182.630,32	15.101.461,29
1.6 Linhas de Transmissão	1.240.591,86	689.217,70
<b>Sub-Total EB-1</b>	<b>28.423.222,18</b>	<b>15.790.678,99</b>
<b>2- Adutora da Captação</b>		
2.1 Adutora dupla aço DN 2200mm, L= 0,81 Km, esp = 7/8" , incluindo, montagem, acessórios, equipamentos e proteções	4.718.179,01	2.621.210,56
<b>Sub-Total Adutora da Captação</b>	<b>4.718.179,01</b>	<b>2.621.210,56</b>
<b>Total</b>	<b>33.141.401,19</b>	<b>18.411.889,55</b>
<b>Eventuais (10%)</b>	<b>3.314.140,12</b>	<b>1.841.188,96</b>
<b>Consultoria, Projetos e Supervisão (5%)</b>	<b>1.657.070,06</b>	<b>920.594,48</b>
<b>Total Geral</b>	<b>38.112.611,37</b>	<b>21.173.672,98</b>



Quadro 5.9: Custos do Canal Norte para a Alternativa 1

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO	Trecho Fronteiras- Nº 1			Trecho Nº 1- Nº 2			Trecho Nº 2- Nº 3			Trecho Nº 3 - Nº 4			Trecho Nº 4 - Nº 5			Trecho Nº 5 - Nº 6			Trecho Nº 6 - Nº 7			Trecho Nº 7 - Nº 8			Trecho Nº 8 - Nº 9			Trecho Nº 9 - Nº 11			CANAL NORTE			
				Vazão (m³/s)	Largura Faixa (m)	Extensão (km)	Vazão (m³/s)	Largura Faixa (m)	Extensão (km)	Vazão (m³/s)	Largura Faixa (m)	Extensão (km)	Vazão (m³/s)	Largura Faixa (m)	Extensão (km)	Vazão (m³/s)	Largura Faixa (m)	Extensão (km)	Vazão (m³/s)	Largura Faixa (m)	Extensão (km)	Vazão (m³/s)	Largura Faixa (m)	Extensão (km)	Vazão (m³/s)	Largura Faixa (m)	Extensão (km)	Vazão (m³/s)	Largura Faixa (m)	Extensão (km)	Vazão (m³/s)	Largura Faixa (m)	Extensão (km)		Vazão (m³/s)	Largura Faixa (m)	Extensão (km)
				12,87	40	37,04	8,761	37	16,49	6,259	36	11,05	3,729	32	35,22	3,029	32	14,75	2,827	30	14,45	2,746	30	13,4	2,698	30	16,94	2,63	30	32,26	1,36	25	21,167				
COMP. (Km)	QUANT.	CUSTO	COMP. (Km)	QUANT.	CUSTO	COMP. (Km)	QUANT.	CUSTO	COMP. (Km)	QUANT.	CUSTO	COMP. (Km)	QUANT.	CUSTO	COMP. (Km)	QUANT.	CUSTO	COMP. (Km)	QUANT.	CUSTO	COMP. (Km)	QUANT.	CUSTO	COMP. (Km)	QUANT.	CUSTO	COMP. (Km)	QUANT.	CUSTO	COMP. (Km)	QUANT.	CUSTO	COMP. (Km)	QUANT.	CUSTO	CUSTO TOTAL (RS)	
1	Locação e Nivelamento do eixo do canal - estaqueamento de 20 m com seções	Km	700,00	37,04	37,04	25.928,00	16,49	16,49	11.543,00	11,05	11,05	7.735,00	35,22	35,22	24.654,00	14,75	14,75	10.325,00	14,45	14,45	10.115,00	13,40	13,40	9.380,00	16,94	16,94	11.858,00	32,26	32,26	22.582,00	21,17	21,17	14.816,90	148.936,90			
2	Desmatamento e destocamento de árvores (0,15<D<=0,30m)	ha	800,00	37,04	1.481,60	1.185.280,00	16,49	610,13	488.104,00	11,05	397,80	318.240,00	35,22	1.127,04	901.632,00	14,75	472,00	377.600,00	14,45	433,50	346.800,00	13,40	402,00	321.600,00	16,94	508,20	406.560,00	32,26	967,80	774.240,00	21,17	529,18	423.340,00	5.543.396,00			
3	Desapropriação da faixa de domínio do canal	ha	100,00	37,04	1.481,60	148.160,00	16,49	610,13	61.013,00	11,05	397,80	39.780,00	35,22	1.127,04	112.704,00	14,75	472,00	47.200,00	14,45	433,50	43.350,00	13,40	402,00	40.200,00	16,94	508,20	50.820,00	32,26	967,80	96.780,00	21,17	529,18	52.917,50	692.924,50			
<b>ATERRO</b>					<b>7.546.598,98</b>			<b>1.391.876,79</b>			<b>816.853,66</b>			<b>1.895.849,67</b>			<b>82.931,80</b>			<b>141.595,62</b>			<b>324.569,19</b>			<b>860.413,91</b>			<b>1.650.809,89</b>			<b>918.386,82</b>			<b>0,00</b>		
4	Expurgo de camada vegetal e=30 cm	m³	1,50	37,04	444,48	666,72	16,49	183,04	274,56	11,05	119,34	179,01	35,22	338,11	507,17	14,75	141,60	212,40	14,45	130,05	195,08	13,40	120,60	180,90	16,94	152,46	228,69	32,26	290,34	435,51	21,17	158,75	238,13	3.118,16			
5	Compactação de aterro a 95% do proctor normal, inclusive, homogeneização, umedecimento e espalhamento	m³	1,60	37,04	7.546.598,98	12.074.558,37	16,49	1.391.876,79	2.227.002,87	11,05	816.853,66	1.306.965,86	35,22	1.895.849,67	3.033.359,47	14,75	82.931,80	132.690,88	14,45	141.595,62	226.552,99	13,40	324.569,19	519.310,70	16,94	860.413,91	1.376.662,26	32,26	1.650.809,89	2.641.295,82	21,17	918.386,82	1.469.418,91	25.007.818,13			
6	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m	m³	2,50	37,04	3.924.231,47	9.810.578,67	16,49	723.775,93	1.809.439,83	11,05	424.763,90	1.061.909,76	35,22	985.841,83	2.464.604,57	14,75	43.124,54	107.811,34	14,45	73.629,72	184.074,31	13,40	168.775,98	421.939,95	16,94	447.415,23	1.118.538,08	32,26	858.421,14	2.146.052,86	21,17	477.561,15	1.193.902,87	20.318.852,23			
7	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria 800m<DMT<=1000m	m³	3,20	37,04	5.886.347,20	18.836.311,05	16,49	1.085.663,90	3.474.124,47	11,05	637.145,85	2.038.866,74	35,22	1.478.762,74	4.732.040,78	14,75	64.686,80	206.997,77	14,45	110.444,58	353.422,67	13,40	253.163,97	810.124,70	16,94	671.122,85	2.147.593,12	32,26	1.287.631,71	4.120.421,49	21,17	716.341,72	2.292.293,50	39.012.196,28			
<b>CORTE</b>					<b>2.820.960,73</b>			<b>606.724,35</b>			<b>277.225,77</b>			<b>871.846,88</b>			<b>459.878,33</b>			<b>923.816,19</b>			<b>55.839,18</b>			<b>44.819,87</b>			<b>173.486,16</b>			<b>3.728,49</b>			<b>0,00</b>		
8	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m	m³	2,50	37,04	2.820.960,73	7.052.401,83	16,49	606.724,35	1.516.810,88	11,05	277.225,77	693.064,43	35,22	871.846,88	2.179.617,20	14,75	459.878,33	1.149.695,83	14,45	923.816,19	2.309.540,48	13,40	55.839,18	139.597,95	16,94	44.819,87	112.049,68	32,26	173.486,16	433.715,40	21,17	3.728,49	9.321,23	15.595.814,88			
9	Escavação, carga e transporte de material de 2a. Categoria, 800<DMT<=1000m	m³	3,20	37,04	1.692.576,44	5.416.244,60	16,49	364.034,61	1.164.910,75	11,05	166.335,46	532.273,48	35,22	523.108,13	1.673.946,01	14,75	275.927,00	882.966,39	14,45	554.289,71	1.773.727,08	13,40	33.503,51	107.211,23	16,94	26.891,92	86.054,15	32,26	104.091,70	333.093,43	21,17	2.237,09	7.158,70	11.977.585,82			
10	Escavação, carga e transporte de material de 3a. Categoria, 800m<DMT<=1000m	m³	25,00	37,04	1.128.384,29	28.209.607,30	16,49	242.689,74	6.067.243,50	11,05	110.890,31	2.772.257,70	35,22	348.738,75	8.718.468,80	14,75	183.951,33	4.598.783,30	14,45	369.526,48	9.238.161,90	13,40	22.335,67	558.391,80	16,94	17.927,95	448.198,70	32,26	69.394,46	1.734.861,60	21,17	1.491,40	37.284,90	62.383.259,50			
<b>Volume de Concreto</b>					<b>98.272,81</b>			<b>35.859,15</b>			<b>21.019,29</b>			<b>51.965,87</b>			<b>13.949,82</b>			<b>13.647,39</b>			<b>7.075,37</b>			<b>8.944,54</b>			<b>16.131,24</b>			<b>11.252,35</b>			<b>0,00</b>		
11	Regularização de taludes	m²	3,20	37,04	1.965.456,20	6.289.459,84	16,49	717.182,92	2.294.985,34	11,05	420.385,80	1.345.234,56	35,22	1.039.317,40	3.325.815,68	14,75	278.996,40	892.788,48	14,45	272.947,80	873.432,96	13,40	141.507,40	452.823,68	16,94	178.890,80	572.450,56	32,26	322.624,80	1.032.399,36	21,17	225.047,00	720.150,40	17.799.540,86			
12	Revestimento com geomembrana de polietileno texturizada e=1,00mm	m²	12,50	37,04	1.965.456,20	24.568.202,50	16,49	717.182,92	8.964.786,50	11,05	420.385,80	5.254.822,50	35,22	1.039.317,40	12.991.467,50	14,75	278.996,40	3.487.455,00	14,45	272.947,80	3.411.847,50	13,40	141.507,40	1.768.842,50	16,94	178.890,80	2.236.135,00	32,26	322.624,80	4.032.810,00	21,17	225.047,00	2.813.087,50	69.529.456,50			
13	Revestimento com concreto simples consumo de 250 kg/m³, e=5,0cm	m²	9,50	37,04	1.965.456,20	18.671.833,90	16,49	717.182,92	6.813.237,74	11,05	420.385,80	3.993.665,10	35,22	1.039.317,40	9.873.515,30	14,75	278.996,40	2.650.465,80	14,45	272.947,80	2.593.004,10	13,40	141.507,40	1.344.320,30	16,94	178.890,80	1.699.462,60	32,26	322.624,80	3.064.935,60	21,17	225.047,00	2.137.946,50	52.842.386,94			
14	Proteção de talude com cobertura vegetal	m²	2,60	37,04	2.260.274,63	5.876.714,04	16,49	824.760,36	2.144.376,93	11,05	483.443,67	1.256.953,54	35,22	1.195.215,01	3.107.559,03	14,75	320.845,86	834.199,24	14,45	313.889,97	816.113,92	13,40	162.733,51	423.107,13	16,94	205.724,42	534.883,49	32,26	371.018,52	964.648,15	21,17	258.804,05	672.890,53	16.631.445,99			
15	Cerca de proteção com estaca de concreto de 2,20m com 10 fios	Km	12.500,00	37,04	74,08	926.000,00	16,49	32,98	412.250,00	11,05	22,10	276.250,00	35,22	70,44	880.500,00	14,75	29,50	368.750,00	14,45	28,90	361.250,00	13,40	26,80	335.000,00	16,94	33,88	423.500,00	32,26	64,52	806.500,00	21,17	42,33	529.175,00	5.319.175,00			
16	Estrada revestida de piçarra com pista de rolamento de 6,0m de largura com material transportado de uma distância de 1,3 Km	Km	15.000,00	37,04	37,04	555.600,00	16,49	16,49	247.350,00	11,05	11,05	165.750,00	35,22	35,22	528.300,00	14,75	14,75	221.250,00	14,45	14,45	216.750,00	13,40	13,40	201.000,00	16,94	16,94	254.100,00	32,26	32,26	483.900,00	21,17	21,17	317.505,00	3.191.505,00			
17	Diversos (acréscimo de 15%)				20.947.132,02			5.654.618,01			3.159.592,15			8.182.303,73			2.395.378,71			3.413.750,70			1.117.954,62			1.721.864,15			3.403.300,68			1.903.717,13	51.899.611,91				
<b>Custo Total Geral do Trecho</b>						<b>160.594.678,84</b>			<b>43.352.071,38</b>			<b>24.223.539,81</b>			<b>62.730.995,23</b>			<b>18.364.570,14</b>			<b>26.172.088,68</b>			<b>8.570.985,46</b>			<b>13.200.958,47</b>			<b>26.091.971,90</b>			<b>14.595.164,70</b>	<b>397.897.024,61</b>			

CUSTO DO TÚNEL : RS 6.650.000,00

CUSTO DA ADUTORA RS 263.611,38

TÚNEL	US\$	3.694.444,44
ADUTORA	US\$	146.450,76
TOTAL	US\$	224.894.797,76
TOTAL	RS	404.810.635,97

### 5.2.3.2. Custo do Canal Norte para a Alternativa 2

Nos Quadros 5.10 e 5.11 a seguir são apresentados os custos para as obras de captação e o canal propriamente dito para o Canal Norte da Alternativa 2.

**Quadro 5.10: Custos Consolidados da Captação do Canal Norte para a Alternativa 2**

Item	Custo em R\$	Custo em US\$
<b>1- Estação Elevatória EB-1</b>		
1.1 Conjuntos Eletrobombas	9.870.117,88	5.483.398,82
1.2 Obras Cíveis e Urbanismo	9.630.000,00	5.350.000,00
1.3 Equipamentos Elétricos	1.355.999,99	753.333,33
1.4 Equipamentos Diversos	604.800,00	336.000,00
1.5 Subestações	1.497.527,46	831.959,70
1.6 Linhas de Transmissão	1.240.591,86	689.217,70
<b>Sub-Total EB-1</b>	<b>24.199.037,19</b>	<b>13.443.909,55</b>
<b>2- Adutora da Captação</b>		
2.1 Adutora dupla aço DN 2200mm, L= 0,81 Km, esp = 7/8" , incluindo, montagem, acessórios, equipamentos e proteções	4.718.179,01	2.621.210,56
<b>Sub-Total Adutora da Captação</b>	<b>4.718.179,01</b>	<b>2.621.210,56</b>
<b>Total</b>	<b>28.917.216,20</b>	<b>16.065.120,11</b>
<b>Eventuais (10%)</b>	<b>2.891.721,62</b>	<b>1.606.512,01</b>
<b>Consultoria, Projetos e Supervisão (5%)</b>	<b>1.445.860,81</b>	<b>803.256,01</b>
<b>Total Geral</b>	<b>33.254.798,63</b>	<b>18.474.888,13</b>



Quadro 5.11: Custos do Canal Norte para a Alternativa 2

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO	Trecho Fronteiras - Nº 1			Trecho Nó 1 - Nº 2			Trecho Nº 2 - Nº 3			Trecho Nº 3 - Nº 4			CANAL NORTE
				Vazão (m³/s)	Largura Faixa (m)	Extensão (km)	Vazão (m³/s)	Largura Faixa (m)	Extensão (km)	Vazão (m³/s)	Largura Faixa (m)	Extensão (km)	Vazão (m³/s)	Largura Faixa (m)	Extensão (km)	
				10,87	40	37,04	6,759	37	16,49	4,257	36	11,05	1,575	32	35,22	
				COMP. (Km)	QUANT.	CUSTO	COMP. (Km)	QUANT.	CUSTO	COMP. (Km)	QUANT.	CUSTO	COMP. (Km)	QUANT.	CUSTO	CUSTO TOTAL (RS)
1	Locação e Nivelamento do eixo do canal - estaqueamento de 20 m com seções	Km	700,00	37,04	37,04	25.928,00	16,49	16,49	11.543,00	11,05	11,05	7.735,00	35,22	35,22	24.654,00	69.860,00
2	Desmatamento e destocamento de árvores (0,15<D<=0,30m)	ha	800,00	37,04	1.481,60	1.185.280,00	16,49	610,13	488.104,00	11,05	397,80	318.240,00	35,22	1.127,04	901.632,00	2.893.256,00
3	Desapropriação da faixa de domínio do canal	ha	100,00	37,04	1.481,60	148.160,00	16,49	610,13	61.013,00	11,05	397,80	39.780,00	35,22	1.127,04	112.704,00	361.657,00
	<b>ATERRO</b>				<b>7.546.598,98</b>			<b>1.391.876,79</b>			<b>816.853,66</b>			<b>1.895.849,67</b>		<b>0,00</b>
4	Expurgo de camada vegetal e=30 cm	m³	1,50	37,04	444,48	666,72	16,49	183,04	274,56	11,05	119,34	179,01	35,22	338,11	507,17	1.627,46
5	Compactação de aterro a 95% do proctor normal, inclusive, homogeneização, umedecimento e espalhamento	m³	1,60	37,04	7.546.598,98	12.074.558,37	16,49	1.391.876,79	2.227.002,87	11,05	816.853,66	1.306.965,86	35,22	1.895.849,67	3.033.359,47	18.641.886,56
6	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m	m³	2,50	37,04	3.924.231,47	9.810.578,67	16,49	723.775,93	1.809.439,83	11,05	424.763,90	1.061.909,76	35,22	985.841,83	2.464.604,57	15.146.532,83
7	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria 800m<DMT<=1000m	m³	3,20	37,04	5.886.347,20	18.836.311,05	16,49	1.085.663,90	3.474.124,47	11,05	637.145,85	2.038.866,74	35,22	1.478.762,74	4.732.040,78	29.081.343,04
	<b>CORTE</b>				<b>2.820.960,73</b>			<b>606.724,35</b>			<b>277.225,77</b>			<b>871.846,88</b>		<b>0,00</b>
8	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m	m³	2,50	37,04	2.820.960,73	7.052.401,83	16,49	606.724,35	1.516.810,88	11,05	277.225,77	693.064,43	35,22	871.846,88	2.179.617,20	11.441.894,33
9	Escavação, carga e transporte de material de 2a. Categoria, 800<DMT<=1000m	m³	3,20	37,04	1.692.576,44	5.416.244,60	16,49	364.034,61	1.164.910,75	11,05	166.335,46	532.273,48	35,22	523.108,13	1.673.946,01	8.787.374,84
10	Escavação, carga e transporte de material de 3a. Categoria, 800m<DMT<=1000m	m³	25,00	37,04	1.128.384,29	28.209.607,30	16,49	242.689,74	6.067.243,50	11,05	110.890,31	2.772.257,70	35,22	348.738,75	8.718.468,80	45.767.577,30
	<b>Volume de Concreto</b>				<b>98.272,81</b>			<b>35.859,15</b>			<b>21.019,29</b>			<b>51.965,87</b>		<b>0,00</b>
11	Regularização de taludes	m²	3,20	37,04	1.965.456,20	6.289.459,84	16,49	717.182,92	2.294.985,34	11,05	420.385,80	1.345.234,56	35,22	1.039.317,40	3.325.815,68	13.255.495,42
12	Revestimento com geomembrana de polietileno texturizada e=1,00mm	m²	12,50	37,04	1.965.456,20	24.568.202,50	16,49	717.182,92	8.964.786,50	11,05	420.385,80	5.254.822,50	35,22	1.039.317,40	12.991.467,50	51.779.279,00
13	Revestimento com concreto simples consumo de 250 kg/m³, e=5,0cm	m²	9,50	37,04	1.965.456,20	18.671.833,90	16,49	717.182,92	6.813.237,74	11,05	420.385,80	3.993.665,10	35,22	1.039.317,40	9.873.515,30	39.352.252,04
14	Proteção de talude com cobertura vegetal	m²	2,60	37,04	2.260.274,63	5.876.714,04	16,49	824.760,36	2.144.376,93	11,05	483.443,67	1.256.953,54	35,22	1.195.215,01	3.107.559,03	12.385.603,54
15	Cerca de proteção com estaca de concreto de 2,20m com 10 fios	Km	12.500,00	37,04	74,08	926.000,00	16,49	32,98	412.250,00	11,05	22,10	276.250,00	35,22	70,44	880.500,00	2.495.000,00
16	Estrada revestida de piçarra com pista de rolamento de 6,0m de largura com material transportado de uma distância de 1,3 Km	Km	15.000,00	37,04	37,04	555.600,00	16,49	16,49	247.350,00	11,05	11,05	165.750,00	35,22	35,22	528.300,00	1.497.000,00
17	Diversos (acrécimo de 15%)					20.947.132,02			5.654.618,01			3.159.592,15			8.182.303,73	37.943.645,90
	<b>Custo Total Geral do Trecho</b>					<b>146.141.157,75</b>			<b>37.716.302,10</b>			<b>19.863.302,65</b>			<b>40.712.415,90</b>	<b>244.433.178,40</b>

### 5.3. CANAL POTI SUL

#### 5.3.1. Considerações iniciais e descrição geral do sistema

Na Alternativa 3 o Canal Poti Sul destina-se a transportar a água do Açude Fronteiras, que tem uma capacidade de acumulação de 950 hm<sup>3</sup>, para a região sul da Serra da Ibiapaba, cobrindo uma área que tem potencial para irrigar cerca de 34.000ha, de acordo com as manchas de solos identificadas nos estudos de demanda. No entanto, de acordo com os resultados do balanço hídrico das alternativas, o açude Fronteiras tem disponibilidade hídrica para irrigar 19.420 ha.

Já na Alternativa 2, o Canal Poti Sul se estende por 27 km até o açude Realejo, indo abastecer parte da demanda rural de Crateús, como também, principalmente, irá aumentar a irrigação na porção sudoeste da bacia do Poti, revitalizando inclusive o Projeto Realejo (400 ha).

A metodologia de cálculo descrita a seguir para o Canal Poti Sul se aplica tanto à Alternativa 2 como a 3. A única diferença é entre as vazões máximas transportadas por trecho, uma vez que para a Alternativa 2 o Canal Poti Sul foi pré-dimensionado em toda a sua extensão para uma vazão máxima de 3,159 m<sup>3</sup>/s, enquanto que para a Alternativa 3 o canal se inicia com uma vazão máxima de 14,255 m<sup>3</sup>/s.

O Açude Fronteiras está anteprojetoado para operar com um nível normal na cota 265,00 m, enquanto que o nível mínimo ficará na cota 252,00 m correspondendo a um volume morto de 80 hm<sup>3</sup>.

O Canal Poti Sul foi anteprojetoado para dominar topograficamente a maior parte das manchas de solos irrigáveis situadas ao sul do açude Fronteiras, atravessando-as preferencialmente no seu centro geométrico, de forma que fosse possível promover o atendimento das áreas irrigáveis gravitariamente, pelo menos na sua maior parcela. Naturalmente, o Canal Poti Sul não permite o atendimento gravitatório das áreas situadas mais próximas da encosta da Serra, pois se assim o fizesse, deixaria de cruzar centralmente a maior parte da área irrigável, o que foi estabelecido como um pressuposto do anteprojeto.

De qualquer forma, a irrigação das áreas mais próximas da encosta poderia ser facilmente viabilizado a partir de um bombeamento da água do Canal Poti Sul para as regiões mais altas com uma baixa altura manométrica de recalque, em virtude do posicionamento estratégico do mesmo dentro da conformação topográfica do relevo das manchas de solos.

Visando atender às prerrogativas aqui descritas, o Canal Poti Sul foi desmembrado em dois trechos: o primeiro, recebe as águas provenientes da captação no Açude Fronteiras via duas estações de bombeamento (EB-1 e EB-2) através de um complexo de adutoras e canais de aproximação, iniciando-se na encosta da Serra Grande, nas coordenadas cartográficas UTM (N 9.436.300 ; E 291.100), próxima à localidade geográfica de Morro Pelado, cerca de 5,8 Km ao sul da bacia hidráulica do Açude Fronteiras, e desenvolve-se em torno da cota 350,00 que tem uma dominância gravitária sobre ampla parte das manchas de solo que atravessa.

O primeiro trecho, também denominado de Canal Principal, tem cerca de 82,7 Km de extensão atravessando as seguintes áreas irrigadas ou irrigáveis:

- Mancha Poti Sul 1, com 2.457 ha previstos, com derivação no Km 16 do Canal Sul, nas coordenadas UTM (N9.423.700; E291.700). A vazão máxima neste trecho que vai do Km 0 ao Km 16 é de 14,255 m<sup>3</sup>/s. A Mancha demanda cerca de 1,774 m<sup>3</sup>/s;
- Projeto Realejo, com área irrigada atual de 400 ha, com derivação no Km 35 do Canal Poti Sul, nas coordenadas UTM (N 9.411.500; E 299.800). A vazão máxima no trecho Km 16 ao Km 35 é de 12,481 m<sup>3</sup>/s e a vazão demandada pelo Projeto Realejo é de 0,285 m<sup>3</sup>/s;
- Projeto Platô do Poti Área 1, com 2.800 ha previstos, com derivação ao longo dos Km 37 e 38 do Canal Poti Sul, nas coordenadas (N 9.411.500; E 302.200). A vazão máxima no trecho do Km 35 ao Km 38 é de 12,196 m<sup>3</sup>/s e o projeto demanda cerca de 1,994 m<sup>3</sup>/s;
- Projeto Platô do Poti Área 2, com 600 ha previstos, com derivação entre os Km 39 e 40 do Canal Poti Sul, nas coordenadas (N 9.409.500; E 303.000). A vazão máxima no trecho é de 10,202 m<sup>3</sup>/s e o projeto demanda 0,427 m<sup>3</sup>/s;
- Ampliação do Projeto Graça, com 373 ha previstos, com derivação no Km 41 do Canal Poti Sul, nas coordenadas (N 9.407.800; E 303.200). A vazão máxima no trecho é de 9,775 m<sup>3</sup>/s e o projeto Graça demanda 0,342 m<sup>3</sup>/s;
- Mancha Poti Sul 2, com 7.000 ha irrigáveis, com derivação no Km 46 do canal, nas coordenadas (N 9.403.800; E 302.000). A vazão máxima no trecho do Km 41 ao Km 46 é de 9,433 m<sup>3</sup>/s e a mancha de solo irrigável demandaria cerca de 5,056 m<sup>3</sup>/s;

- Projeto Novo Oriente, com 990 ha previstos, situando-se ao fim do primeiro trecho do Canal Poti Sul ou Canal Principal, demandando cerca de 0,910 m<sup>3</sup>/s.

Vale lembrar que uma parte do primeiro trecho do Canal Poti Sul teve seu traçado estudado de forma a percorrer a menor extensão possível dentro da área da Reserva Serra das Almas, a fim de minizar danos ambientais. Dessa forma, com o traçado escolhido o canal se estendeu somente por 8 Km dentro da reserva.

O segundo trecho, também denominado de Canal Secundário, deriva do Canal Principal à altura do Km 72, à partir de uma terceira estação de bombeamento denominada EB-3, que tem por objetivo recalcar as águas captadas no Canal Principal para a nova cota de dominância das áreas irrigáveis situada na cota 400,00. O Canal Principal chega na cota 342,74 m no local da EB-3, implicando num desnível geométrico de 57,26 m para a descarga no Canal Secundário.

O Canal Secundário tem uma extensão total de 25,00 Km, atendendo duas demandas:

- Mancha Poti Sul 3, com 4.800 ha previstos, com derivação no Canal Secundário à altura do Km 11 do mesmo, nas coordenadas (N 9.375.600; E 300.700). A vazão de entrada do Canal Secundário é de 3,467 m<sup>3</sup>/s e a mancha de solo demandaria cerca de 1,734 m<sup>3</sup>/s. O trecho do Canal Principal entre o Km 46 e a EB-3 teria assim a vazão máxima de 4,377 m<sup>3</sup>/s;
- Área do Açude São Francisco, ponto final do Canal Secundário para o qual está prevista uma demanda agregada de 1,733 m<sup>3</sup>/s.

Ambos canais, Principal e Secundário, foram anteprojetados visando um traçado suave acompanhando as curvas de nível de sua dominância, respectivamente 350,00 e 400,00 m de altitude, de tal forma que a seção predominante fosse a seção mista entre corte e aterro, evitando-se ao máximo o percurso muito sinuoso ou que conduzisse a alturas de corte e aterro muito elevadas.

As seções tipicamente em corte têm a desvantagem de exigirem a escavação acentuada em material de 3ª categoria, devido à presença do substrato rochoso a pouca profundidade, uma vez que a região tem uma geologia típica do cristalino, com camadas de solo muito rasas. Este problema se acentua à medida que se aproxima da zona de encosta da Serra Grande.

As seções tipicamente em aterro têm a desvantagem de requererem empréstimo de material para o aterro proveniente de jazidas, as quais não são abundantes em material na região considerada devido a pouca profundidade das camadas de solo, obrigando a busca de jazidas cada vez mais longe do local das obras, onerando o custo devido ao aumento de transporte. A baixa qualidade do material das jazidas regionais é também uma preocupação adicional para o projeto das seções em aterro. Isto faz com que este tipo de seção se torne às vezes mais caro que seções em corte de pouca profundidade.

A seção ideal de projeto é a seção mista em que a seção de escoamento fique situada abaixo da cota do terreno natural, requerendo escavação de pouca profundidade, e que parte das bermas fiquem construídas em aterro. As vantagens desse tipo de seção podem ser enumeradas como:

- eliminam-se os problemas de drenagem e estabilidade da seção porque a maior parte do tirante d'água ficaria confinado abaixo da cota do terreno natural, garantido assim uma baixa percolação, ou mesmo eliminação desta, em aterro com material proveniente de jazidas;
- devido ao fato do tirante d'água estar em parte situado abaixo da cota do terreno natural, não haveria a exigência de se construir as bermas com material de qualidade mais nobre proveniente de jazidas, encarecendo o custo devido ao momento de transporte. Aproveitar-se-ia ao máximo o próprio material escavado em corte para construção das bermas laterais.

Dessa forma, procurou-se otimizar o traçado dos canais de forma a que houvesse predominância da seção mista em relação às demais seções puramente em corte ou só em aterro. O resultado foi que no Canal Principal obteve-se 36,05 Km de seções mistas, 24,2 Km em corte e 22,45 Km em aterro. No Canal Secundário, obteve-se 11,50 Km em seção mista, 2,60 Km em corte e 10,90 km em aterro.

As obras de engenharia para transportar as águas do Açude Fronteiras para as manchas de solos situadas ao sul do mesmo compreendem:

- a) uma captação flutuante no Açude Fronteiras, denominada EB-1, para captar a água do reservatório e recalca-la para o canal de aproximação da EB-2. A captação flutuante ficará nas coordenadas aproximadas (N 9.442.100; E 290.000) dentro da bacia hidráulica do Açude Fronteiras;

- b) uma adutora dupla em aço carbono DN 2200 mm, com extensão máxima de 1.500m, conduzindo a água da EB-1 flutuante para a caixa de descarga do canal de aproximação da EB-2;
- c) um canal de aproximação para uma vazão de 14,3 m<sup>3</sup>/s conduzindo a água para o poço de sucção da EB-2. O canal de aproximação se desenvolve pela cota 290,00m;
- d) uma estação de bombeamento, denominada EB-2, localizada no pé da encosta da Serra Grande, coordenadas UTM (N 9.436.800; E 291.250), destinada a recalcar a água da cota 290,00 m para a cota de descarga no Canal Principal que é 350,00m;
- e) o Canal Principal de condução da água desenvolvendo-se pela cota 350,00 m com extensão de 82,7 Km e vazão variável por trecho de caminhamento, conforme anteriormente descrito;
- f) uma estação de bombeamento, denominada EB-3, localizada à altura do Km 72 do Canal Principal, nas coordenadas (N 9.381.800; E 296.600) destinada a recalcar a vazão de 3,467 m<sup>3</sup>/s para o início do Canal Secundário;
- g) o Canal Secundário que se desenvolve pela cota 400,00m conforme anteriormente descrito.

### 5.3.2. Memorial de cálculo e estimativas de custo das obras

A memória de cálculo apresentada a seguir teve por objetivo estabelecer valores referenciais para as dimensões das obras e equipamentos do anteprojeto, de forma a se poder aquilatar seus custos da forma mais aproximada possível da realidade.

Os custos do Estudo de Viabilidade são custos referenciais baseados em *curvas de custos* de obras similares em função de parâmetros característicos e relevantes das mesmas. Foram empregadas as curvas de custos da publicação **Planejamento Geral de Projetos de Irrigação** do Ministério da Integração Regional/ Secretaria de Irrigação, Brasília, 1993, que apresenta curvas de custos para os diversos tipos de obras e equipamentos aplicáveis a estudos de viabilidade de projetos de irrigação e obras similares.

Foram empregados índices de correção dos preços das obras e equipamentos apresentados nas curvas em função da data de sua elaboração, convertendo-os para preços relativos ao ano 2000, através da publicação **Bureau of Reclamation Construction Cost Trends**, uma vez



que a totalidade das curvas da publicação anteriormente citada (PGPI) apresenta os custos em Dólar Americano (US\$). Empregou-se o fator de conversão US\$ 1,00 = R\$ 1,80 para conversão dos valores em dólar para o Real.

Somente no caso dos custos de adutoras e canais é que foram consideradas planilhas de custos elaboradas pela Consultora, calcados nos custos regionais elaborados com base na Tabela de Preços da Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – SRH/CE, uma vez que se observou uma superestimativa dos preços apresentados na publicação PGPI-Planejamento Geral de Projetos de Irrigação.

### **5.3.2.1. Estação de Bombeamento EB-1 (Captação Flutuante)**

A EB-1 é uma captação do tipo flutuante devido a impossibilidade de se projetar uma estação de bombeamento fixa na bacia hidráulica do açude Fronteiras, por causa da variação de nível do reservatório entre a cota mínima de 252,00 m para a cota máxima de 265,00 m.

A EB-1 tem por objetivo recalcar a vazão de 14,3 m<sup>3</sup>/s para suprimento ao Canal Poti Sul, descarregando inicialmente no canal de aproximação da EB-2, através de duas adutoras de aço carbono DN 2200 mm com extensão máxima de 1.500m.

A vazão de 14,3 m<sup>3</sup>/s será recalçada da cota 252,00 para a cota 290,00 no início do canal de aproximação, através de 8 bombas montadas em 4 flutuantes, com 2 bombas por flutuante. O número de bombas por flutuante foi limitado em duas devido ao peso próprio das mesmas que, de outra forma, implicaria em dimensões grandes para as câmaras de flutuação, muito embora este seja um detalhe a ser resolvido no detalhamento do Projeto Básico ou Executivo da captação.

A nível de viabilidade é suficiente uma aproximação inicial das dimensões a título meramente ilustrativo do anteprojeto, pois os custos foram obtidos através de curvas tal como foi anteriormente esclarecido.

As bombas do flutuante recalcam inicialmente através de 8 tubulações em tubos PEAD, DN 1000 mm, PN 6, padrão BRASTUBOS, com extensão máxima de 200 m, até um barrilete de aço situado em terra firme, o qual faz a transição dos tubos PEAD para a tubulação dupla em aço carbono DN 2200 mm que transporta a água até o canal de aproximação da EB-2.

A vazão por bomba é:

O diâmetro econômico da adutora principal em aço carbono foi feito com base na limitação da velocidade máxima admitida como 2,00 m/s. O diâmetro da tubulação PEAD foi calculada pela Fórmula de Bresse na forma:

$$D = 0,95Q^{0,43}$$

A adutora dupla em aço carbono, terá uma vazão de 7,15 m<sup>3</sup>/s e limitando-se a velocidade em 2,00 m/s, ter-se-á uma área útil de seção de 3,575 m<sup>2</sup>, daí o diâmetro será:

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \times 3,575}{\pi}} = 2,13m$$

Adotou-se o diâmetro DN 2200 mm para as duas tubulações que formam a adutora dupla de recalque da EB-1 para o canal de aproximação.

Para as tubulações em PEAD, a vazão corresponde à vazão unitária por bomba, ou seja, 1,7875 m<sup>3</sup>/s. Empregando-se a fórmula de Bresse, ter-se-á o diâmetro:

$$D_{\min} = 0,95(1,7875)^{0,43} = 1,21m$$

Em face de se adotar o padrão comercial dos fabricantes nacionais, adotou-se um diâmetro DN 1000 mm, que é o máximo apresentado em catálogo. A velocidade será um pouco superior àquela inicialmente adotada, porém poderá ser revista por ocasião do Projeto Básico.

Para o cálculo das perdas de carga contínuas empregou-se a equação de Hazen-Williams adotando-se os coeficientes C=130 para o aço e C=140 para o polietileno. A equação é da forma:

$$J(m/m) = \frac{10,641 Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,87}}$$

A perda de carga unitária na tubulação da adutora DN 2200 mm é:

$$J = \frac{10,641 7,15^{1,85}}{130^{1,85} 2,2^{4,87}} = 0,001069m/m$$

Como o comprimento máximo da adutora é de 1500 m, a perda de carga distribuída é :

$$H_d = J \times L = 0,001069 \times 1500 = 1,603m$$

$$q = \frac{14,3}{8} = 1,7875 m^3/s$$

A perda de carga localizada em válvulas e conexões foi estimada em 10% da perda de carga distribuída:

$$H_l = 0,1H_d = 0,1 \times 1,603 = 0,16m$$

Assim, a perda de carga total na tubulação de aço DN 2200 mm é:

$$H_t = H_d + H_l = 1,603 + 0,16 = 1,763m$$

A perda de carga unitária na tubulação PEAD é:

$$J = \frac{10,641}{140^{1,85}} \frac{1,7875^{1,85}}{1,0^{4,87}} = 0,00333m/m$$

A perda de carga distribuída para 200 m de recalque será:

$$H_d = J \times L = 0,00333 \times 200 = 0,66m$$

A perda de carga localizada, estimada em 10% da distribuída, dará:

$$H_l = 0,1 \times 0,66 = 0,06m$$

A perda de carga total na tubulação PEAD será:

$$H_t = 0,66 + 0,06 = 0,72m$$

Admitindo-se ser desprezível a perda de carga na sucção comparada ao do recalque pelo porte das tubulações, obteve-se a altura manométrica total pela soma da diferença geométrica de nível entre a sucção e a cota de descarga no canal de aproximação, com as perdas de carga totais nos dois tipos de tubulação:

Desnível geométrico:  $H_g = 290,00 - 252,00 = 38,00$  m

Altura Manométrica Total:

$$H_{man} = 38 + 1,763 + 0,72 = 40,4m$$

Para uma vazão unitária por bomba de  $1,7875$  m<sup>3</sup>/s ou  $6.435$  m<sup>3</sup>/hora, a bomba de referência selecionada foi o modelo KSB RDL 700-590 A , 1160 RPM,  $\eta=82\%$ , rotor 535/515 mm.

A potência foi calculada pela equação:

$$P(\text{Watts}) = \frac{\gamma \times Q \times H_{\text{man}}}{\eta_{\text{conj}}}$$

sendo  $\gamma$  = peso específico da água ( 9.810 N/m<sup>3</sup>);

Q = vazão em m<sup>3</sup>/s;

H<sub>man</sub> = altura manométrica total em m;

$\eta_{\text{conj}}$  = rendimento do conjunto motor-bomba, considerado com sendo 0,70

Assim, a potência do bombeamento unitário será:

$$P = \frac{9.810 \times 1,7875 \times 40,4}{0,70} = 1.012.041,64W = 1.012,04KW = 1.375CV$$

A potência total instalada na EB-1 devido às 8 bombas, considerando ainda um acréscimo de 10% para o fator de potência dada essa magnitude de potência unitária, será:

$$P = 1,1 \times 1375 \times 8 = 12.100CV$$

ou ainda 8.900 KW.

O modelo de bomba referencial adotado foi empregado para o cálculo das dimensões do flutuante dentro da premissa que a máxima submersão fosse de 50% do diâmetro das câmaras de flutuação.

A partir de catálogos dos fabricantes, obteve-se os seguintes pesos para cada flutuador:

- peso de 1 bomba RDL 700-590 A: 4.043 Kgf
- peso de 2 bombas: 8.086 kgf
- peso dos tubos PEAD com flutuadores (parte transmitida ao flutuante): 1.160 kgf
- peso da estrutura em pórtico do flutuador, incluindo a plataforma: 3.000 kgf
- peso total de 1 flutuador: 12.246 kgf

Considerando-se um nível de submersão de apenas 50%, as câmaras de flutuação devem ser dimensionadas para suportar um peso de 24.492 kgf. Como cada flutuador é constituído de duas câmaras de flutuação com comprimento de 6,20 m, segundo o modelo adotado, e adotando-se peso específico de 1.000 kgf/m<sup>3</sup> para a água, o volume unitário por câmara será:

- peso a ser suportado por uma câmara:  $P = 24.492 \text{ kgf} / 2 \text{ câmaras} = 12.246 \text{ kgf} / \text{câmara}$
- empuxo hidrostático  $E = \gamma_a \times \text{Vol} = P = 12.246 \text{ kgf}$
- volume da câmara  $\text{Vol} = P / \gamma_a = 12,246 \text{ m}^3$  , mas  $\text{Vol} = A_{\text{câmara}} \times L$
- diâmetro da câmara de flutuação dado pela equação:

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \times V_{ol}}{\pi \times L}} = \sqrt{\frac{4 \times 12,246}{\pi \times 6,20}} = 1,585 \text{ m}$$

Adotou-se para cada flutuador um sistema com duas câmaras de flutuação com 6,20 m de comprimento e diâmetro de 1,60 m.

### 5.3.2.2. Adutora Dupla de Aço Carbono DN 2200 mm da EB-1

Cada tubulação da adutora dupla de aço carbono DN 2200 mm conduzirá metade da vazão máxima de projeto de 14,3 m<sup>3</sup>/s, ou seja 7,15 m<sup>3</sup>/s, desde a EB-1 até a cota de descarga no canal de aproximação da EB-2.

Inicialmente foi feito um pré-dimensionamento da chapa considerando-se que a adutora não estaria protegida contra o efeito do golpe de aríete por ocasião da parada do bombeamento. Por esse critério, foi admitida uma chapa de espessura 9/16" para a adutora e calculada a celeridade da onda para o golpe pela equação aproximada:

$$C(m/s) = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \times \frac{D}{e}}}$$

sendo  $k = 0,5$  (aço);

$D$  = diâmetro da adutora (2200 mm);

$e$  = espessura da chapa (14,28 mm);

O resultado foi uma celeridade de 884,31 m/s que implicaria numa sobrecarga máxima calculada pela fórmula simplificada:

$$h_{\max} = \frac{C \times V}{g}$$

sendo:  $C$  = celeridade da onda (884,31 m/s);

$V$  = velocidade do escoamento em regime permanente (1,88 m/s);



$g$  = aceleração da gravidade (9,81 m<sup>2</sup>/s).

O cálculo da sobrecarga máxima devida ao golpe de aríete por ocasião da parada do bombeamento por esta equação simplificada seria de 169,47 mca, que somada à pressão estática máxima de 38 m, daria uma pressão dinâmica interna da ordem de 20 kgf/cm<sup>2</sup>.

Para esta pressão interna, a espessura da chapa seria calculada pela expressão:

$$e = \frac{p \times D}{2 \times \sigma}$$

sendo  $p$  = pressão interna em kgf/cm<sup>2</sup>;

$D$  = diâmetro da adutora em cm;

$\sigma$  = tensão admissível do aço soldado ( 1000 kgf/cm<sup>2</sup>).

O resultado seria uma espessura de chapa de 2,2 cm, equivalendo a uma chapa de 7/8". Entretanto, decidiu-se empregar uma metodologia mais adequada para investigação do transiente hidráulico de forma a se definir melhor a influência do golpe de aríete na tubulação da adutora, visando reduzir a espessura da mesma e baratear seu custo de investimento.

Foi então empregado um método de simulação que leva em conta os efeitos de inércia dos conjuntos de bombeamento e todas as demais características físicas do sistema, permitindo inclusive o pré-dimensionamento otimizado dos mecanismos de proteção das linhas de recalque. O programa empregado foi o CTRAN da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, versão comercial, considerado um dos melhores softwares atualmente existentes no mercado para avaliação de transientes hidráulicos.

A formulação matemática do programa aqui citado adota o Método das Características, apresentada por Chaudhry e pode ser consultada também no livro dos autores do programa CTRAN, denominado "Métodos Computacionais Aplicados à Engenharia Hidráulica"<sup>6</sup>. As equações básicas utilizadas na análise de transitórios hidráulicos podem ser matematicamente expressas pela equação dinâmica do escoamento dada pela 2ª Lei de Newton e pela equação da Continuidade. O sistema dado por essas equações diferenciais pode ser

---

<sup>6</sup> Souza, P. A.; Martins, J. R. S.; Fadiga Jr., F. M., "Métodos Computacionais Aplicados à Engenharia Hidráulica", Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos, EPUSP, São Paulo, 1991.

resolvido pelo Método das Características permitindo-se avaliar os valores da vazão  $Q$  e da carga piezométrica  $H$  ao longo da tubulação dada pela abscissa  $x$  e do tempo  $t$ . As equações são:

Equação do Movimento :

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{f}{2DA} Q|Q| = 0$$

onde o primeiro termo do membro esquerdo da equação representa a variação da aceleração do movimento, o segundo representa a variação do gradiente de pressão e o terceiro representa os efeitos decorrentes da dissipação de energia;

Equação da Continuidade:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{c^2}{gA} \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

onde o primeiro termo do membro esquerdo da equação representa a variação de fluxo de massa e o segundo termo a variação de massa. O parâmetro  $c$  é a celeridade de propagação das ondas de pressão e de velocidade durante o transitório hidráulico, conhecida usualmente apenas como *celeridade da onda*.

A introdução de aparelhos e equipamentos de proteção na modelagem matemática do transitório se faz por aplicação de condições de contorno específicas para cada caso e tipo de equipamento. Estas condições de contorno podem ser encontradas na bibliografia aqui indicada.

Cálculo da Celeridade da Onda:

A celeridade da onda é função das características da tubulação (elasticidade, deformação, espessura da parede da tubulação, diâmetro, grau de fixação da tubulação, etc) e das características do fluido (compressibilidade, presença de ar, etc). A seguinte equação geral é empregada no programa CTRAN:



$$c = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{K\Psi}{E}}} \quad \text{e} \quad \Psi = \frac{D}{e}(1 - \nu^2)$$

para o caso de tubulação de parede fina ancorada contra movimentação longitudinal. Na maioria dos casos:

K = compressibilidade do fluido, igual a 2,19 GPa para escoamento de água;

$\nu$  = coeficiente de Poisson;

E = Módulo de Elasticidade Circunferencial do material da tubulação;

$\rho$  = massa específica do fluido, valendo 1000 Kg/m<sup>3</sup> para água doce;

D = diâmetro da tubulação em metros;

e = espessura do tubo.

#### Cálculo do Momento de Inércia Total do Sistema:

O momento de inércia total é a soma dos momentos de todas as partes girantes no conjunto motor-bomba. Este dado, de suma importância no cálculo dos transientes hidráulicos, costuma ser dado de diversas formas pelos fabricantes, tanto das bombas quanto dos motores, gerando certa confusão. Apresenta-se, a seguir, um sumário das diversas formas como estes são apresentados normalmente em catálogo de fabricantes:

J = momento de inércia (kg \* m<sup>2</sup>);

GD<sup>2</sup> = 4 \* momento de inércia (kg \* m<sup>2</sup>);

J = GD<sup>2</sup>/4;

G = massa girante (kg);

D = diâmetro de giração = 2 \* o raio de giração;

I = J = momento de inércia;



$$I = \sum_i m_i r_i^2$$

ou  $I = MR_G^2$

I = momento de inércia;

M = massa do corpo;

$R_G$  = raio de giração, igual à distância ao eixo da rotação em que toda a massa poderia ser concentrada sem variar o momento de inércia.

Os momentos de inércia das bombas e motores devem ser obtidos junto a catálogos de fornecedores em função das características particulares de cada equipamento. O momento de inércia do conjunto motor-bomba empregado na EB-1 é de 47,5 kg\*m<sup>2</sup> segundo dados de catálogo.

Os resultados da simulação são apresentados a seguir. A Figura 5.1 mostra o resultado das envoltórias para o *sistema sem proteção*. Nesta figura pode ser observado que ocorrem subpressões de vácuo absoluto, o que é incompatível com a segurança da tubulação e do sistema associado. Valores de subpressão superiores a -10,33 mca (vácuo absoluto) no quadro dos resultados representam uma relaxação do fenômeno físico da separação de coluna, servindo para indicar qual deveria ser, por exemplo, o valor da coluna de água que deveria ser disponibilizada naquele ponto da adutora para evitar a formação do vácuo ou da separação de coluna.

A Figura 5.2 mostra os resultados das envoltórias para uma proteção dada por uma chaminé de equilíbrio em cada uma das linhas DN 2200 mm da adutora dupla, a qual teria um diâmetro interno de 4,00 m, diâmetro de ligação com a adutora em 1000 mm e altura máxima de 26 mca, considerando-se uma folga de 2,0 m para se evitar eventuais acidentes de transbordamento.

Com esta solução, observa-se que a máxima sobrepressão na adutora seria de aproximadamente 52 mca. A pressão dinâmica de dimensionamento cai então para 90 mca, mesmo considerando-se um acentuado coeficiente de segurança. Com uma pressão dinâmica máxima de dimensionamento de 8,71 kgf/cm<sup>2</sup>, a espessura da chapa de aço seria:



MONTGOMERY WATSON



$$e = \frac{8,71 \times 220}{2 \times 1000} = 0,958 \text{ cm} = 0,37''$$

Isto equivale a uma chapa de espessura 3/8", bem mais barata que a chapa de 7/8" calculada pelo método aproximado de avaliação do golpe de aríete.

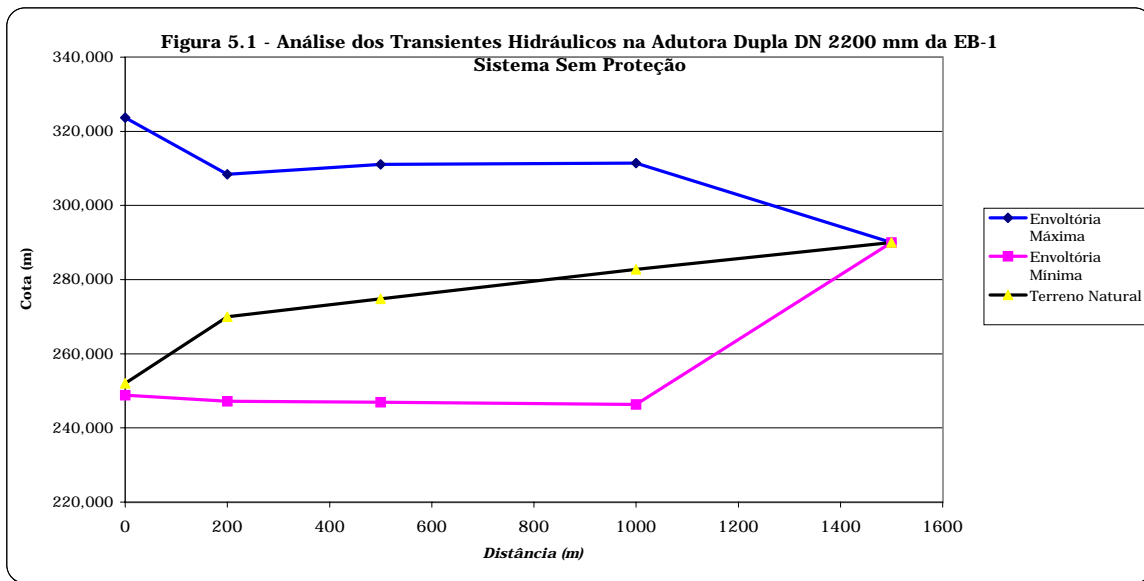


**ANÁLISE DE TRANSIENTES HIDRÁULICOS NA ADUTORA DA EB- 1 SISTEMA CANAL POTI SUL**

**SISTEMA SEM PROTEÇÃO**

**RESULTADO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL - PROGRAMA CTRAN - FCTH- USP**

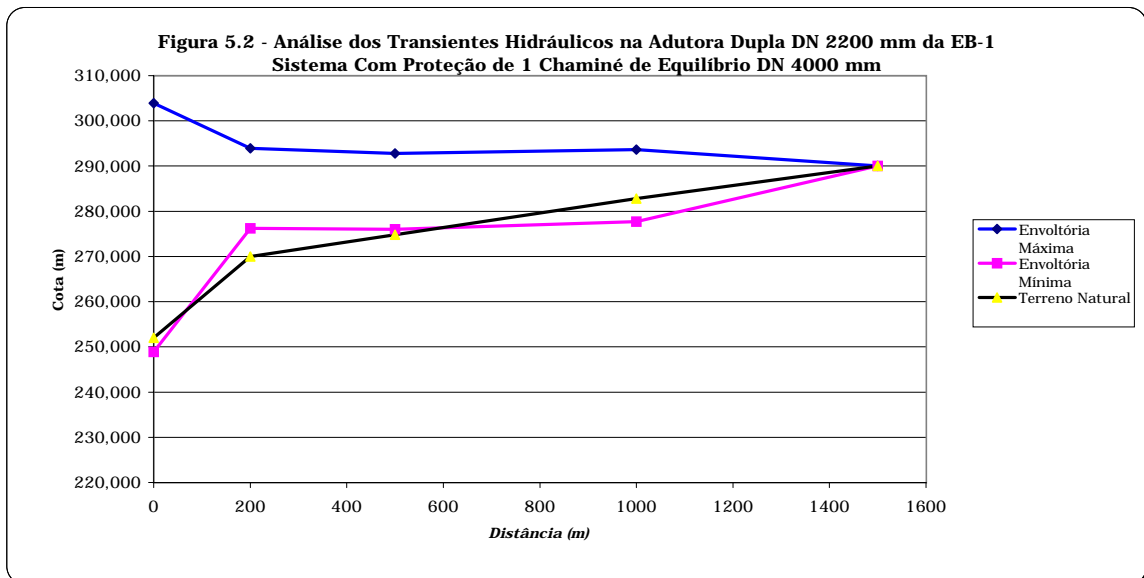
Estaca ou Ponto	Dist da EE	Cota Natural	Envoltória Máxima	Envoltória Mínima	Sobrepresão Máxima	Subpressão Mínima	Amplitude de Carga Hidráulica	Observação
0	0	252,000	323,703	248,861	71,703	-3,139	74,842	Elevatória
1	200	270,000	308,405	247,156	38,405	-22,844	61,249	Aço DN2200
2	500	274,800	311,104	246,973	36,304	-27,827	64,131	Aço DN2200
3	1000	282,800	311,424	246,364	28,624	-36,436	65,06	Aço DN2200
4	1500	290,000	290,000	290,000	0,000	0,000	0	Canal Aprox.



**SISTEMA COM PROTEÇÃO DE 1 CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO DN 4000 mm Dlig= 1000 mm**

**RESULTADO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL - PROGRAMA CTRAN - FCTH- USP**

Estaca ou Ponto	Dist da EE	Cota Natural	Envoltória Máxima	Envoltória Mínima	Sobrepresão Máxima	Subpressão Mínima	Amplitude de Carga Hidráulica	Observação
0	0	252,000	303,902	248,860	51,902	-3,140	55,042	Elevatória
1	200	270,000	293,908	276,206	23,908	6,206	17,702	Aço DN2200
2	500	274,800	292,815	276,045	18,015	1,245	16,77	Aço DN2200
3	1000	282,800	293,641	277,697	10,841	-5,103	15,944	Aço DN2200
4	1500	290,000	290,000	290,000	0,000	0,000	0	Canal Aprox.



### 5.3.2.3. Canal de Aproximação da EB-2

O Canal de Aproximação, ligando a captação à estação de bombeamento EB-2 que recalca a água para o início do Canal Principal do Sistema Poti Sul, tem cerca de 4,3 Km de extensão sendo 2,1 Km em aterro e 2,2 Km em corte. O canal de aproximação se desenvolve com fundo pela cota 290,00 sendo um canal de declividade 0,1 por mil. O objetivo é exclusivamente conduzir a água pela cota 290,00 até o ponto mais próximo da encosta da Serra da Ibiapaba, onde a EB-2 possa recalcar novamente a água para a cota 350,00 com a menor distância possível de tubulação de adução e menor altura manométrica total de bombeamento.

Foi pré-dimensionado para o transporte de 14,3 m<sup>3</sup>/s, em seção trapezoidal revestida em concreto, com base inferior medindo 4,00m, altura de lâmina d'água de 2,2 m e declividade 0,0001 m/m, taludes laterais 3/2 (H:V) e folga de 0,70 m para a cota da berma. A seção geométrica assim definida permite passar a vazão de projeto com regime subcrítico, uma vez que a altura crítica é de 0,964m.

Entretanto o fluxo do Canal de Aproximação é em parte governado pelo poço de sucção da EB-2 situada ao pé da encosta. A EB-2, tal como será descrita adiante, tem 8 bombas ativas mais 1 de reserva. A sucção das bombas da EB-2 se faz em um grande reservatório pré-dimensionado para compensar o armazenamento da água a ser bombeada por no mínimo 15 minutos.

A largura total do reservatório, onde frontalmente estão instalados nove compartimentos de sucção das bombas, mede cerca de 53,70m conforme os desenhos do anteprojeto apresentados no Volume 2 - Anteprojeto das Obras. Levando-se em conta uma submergência mínima de 1,20 m para as tubulações de sucção das bombas e uma distância mínima de 0,606 m entre a geratriz inferior dos tubos de sucção e o fundo do reservatório, o nível da linha d'água no reservatório do poço de sucção das bombas deverá ser na cota 290,00 m. O fundo do reservatório será na cota 287,094. O comprimento do reservatório para garantir o atendimento às bombas durante pelo menos 15 minutos será como se estabelece pelos seguintes critérios:

- volume para 15 minutos à vazão de 14,3 m<sup>3</sup>/s:  $V_{\min} = 15 \times 60 \times 14,3 = 12.870 \text{ m}^3$ ;
- largura do reservatório do poço de sucção:  $L = 53,70 \text{ m}$

- altura útil descontada a distância da geratriz inferior do tubo de sucção ao fundo do reservatório:  $h_{\text{útil}} = 290,00 - 287,094 - 0,606 = 2,30 \text{ m}$
- comprimento mínimo do reservatório em direção à entrada do Canal de Aproximação:

$$L = \frac{12.870 \text{ m}^3}{53,70 \text{ m} \times 2,30 \text{ m}} = 104,20 \text{ m}$$

A concordância entre a entrada do reservatório e a seção final do Canal de Aproximação foi projetada para um ângulo máximo de transição de  $10^\circ$  requerendo assim cerca de 118,05 m de comprimento para atingir a boca dos tubos de sucção das bombas. Este trecho de 118,05 m sai do Canal de Aproximação com o fundo na cota 289,57 m e chega no início do reservatório na cota 287,094 m, representando assim uma declividade de 0,02097 m/m.

Esta declividade gera a ocorrência da profundidade crítica na seção de saída do Canal de Aproximação. O resultado é a formação de uma curva de remanso do tipo M2 para o trecho do Canal de Aproximação à montante da seção de transição.

Com o objetivo de avaliar a influência hidráulica da geometria do poço de sucção das bombas no trecho de montante do Canal de Aproximação, foi empregado um programa específico de análise de escoamento em canais livres, denominado CLIV, desenvolvido pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, versão comercial.

O CLIV tem a capacidade de avaliar qualquer tipo de comportamento de linha d'água em canais livres, para qualquer tipo de geometria ou condição de revestimento. O CLIV resolve as equações de Saint Venant empregando algoritmos específicos de solução, tais como Preissmann e MacCormack para simulação de transientes hidráulicos em canais.

Os resultados da simulação para a condição de regime permanente gradualmente variado para o Canal de Aproximação da EB-2 sob a influência da geometria do poço de sucção das bombas é apresentada na Figura 5.3.

Pela Figura 5.3 pode-se perceber que a curva M2 de remanso se propaga até a altura do Km 2,7 contado do início do canal, ou cerca de 1,6 Km contado da seção final do Canal de Aproximação, à montante da seção de início de transição. Observa-se assim que a folga inicialmente adotada de 0,70m ficou superdimensionada em função do abaixamento como um todo da linha d'água do canal em regime permanente.



MONTGOMERY WATSON



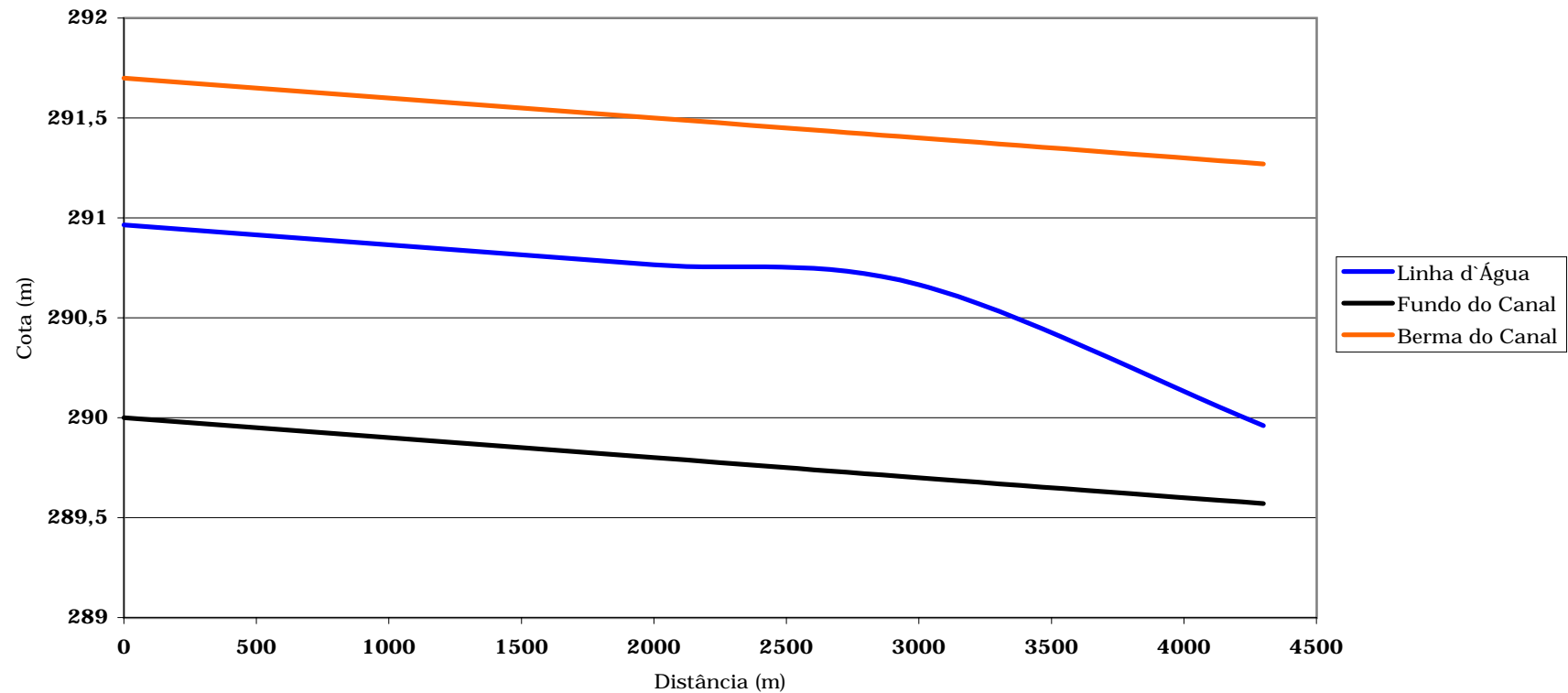
Entretanto, como não foram feitas simulações para as condições de operação em regime transitório, manteve-se a atual revanche prevista para a berma do canal em relação à linha d'água do mesmo. O Projeto Básico deverá contemplar o estudo em regime transitório das obras aqui anteprojetadas.



MONTGOMERY WATSON



**Figura 5.3 - Avaliação da Linha d'Água do Canal de Aproximação da EB-2 Devido a Influência do Poço de Sucção**



#### 5.3.2.4. Estação de Bombeamento EB-2

A EB-2 fica localizada nas coordenadas UTM (N 9.436.800; E 291.150) recalçando a água para o início do Canal Principal situado nas coordenadas UTM (N 9.436.300; E 291.100) através de um conjunto de 8 bombas ativas mais uma de reserva modelo KSB RDL 700-710 A, 1160 RPM, rotor 655/645,  $\eta = 83\%$ .

O sistema da EB-2 incorpora ainda uma adutora dupla em aço carbono DN 2200 mm, semelhante àquela da EB-1. O comprimento da adutora é de no máximo 500m desde a EB-2 até a caixa de descarga no Canal Principal.

A metodologia de cálculo, tanto do pré-dimensionamento da adutora como do cálculo da altura manométrica total, foi detalhadamente mostrada no item 5.3.2.1 relativo à EB-1 e, portanto, será omitido aqui para ser mais objetivo na apresentação dos resultados.

O desnível geométrico do bombeamento da EB-2 é de 60 m, uma vez que recalca da cota 290,00 no reservatório ao final do Canal de Aproximação para a cota 350,00 no início do Canal Principal.

A altura monométrica total calculada foi de 62 mca, resultando numa potência unitária por conjunto de bombeamento de:

$$P = \frac{9810 \times 1,7875 \times 62}{0,70} = 1.553.133,21W = 1.553,1KW = 2.110CV$$

A potência total instalada na EB-2 é portanto  $8 \times 2.110CV = 16.880 CV$  ou 12.424KW.

O anteprojeto da instalações da EB-2 é apresentado nos desenhos técnicos do Volume 2 Anteprojeto das Obras, Fase IV.

#### 5.3.2.5. Adutora Dupla DN 2200 mm da EB-2

A metodologia de pré-dimensionamento das adutoras foi apresentada no item 5.3.2.2 relativo à adutora DN 2200 mm da EB-1 e, portanto, serão também aqui omitidos os passos descritivos do processo de cálculo em prol da objetividade na apresentação dos resultados.

A adutora da EB-2, por ser uma adutora curta (500 m) para um considerável desnível geométrico, requererá um estudo detalhado de transientes hidráulicos, dado seu porte a as condições topográficas locais. Este estudo não foi desenvolvido a nível de viabilidade por ser



uma tarefa intrínseca da elaboração de Projetos Básicos ou Executivos. A metodologia de avaliação destes estudos foi apresentada no item 5.3.2.2.

No caso do presente Estudo de Viabilidade, a espessura da chapa de aço foi calculada pela metodologia simplificada levando em conta o máximo golpe de aríete possível decorrente das condições físicas e de escoamento do sistema, ou seja, pelo cálculo da sobrepressão máxima.

Normalmente a questão mais relevante neste tipo de sistema não se trata da sobrepressão máxima, mas da subpressão mínima que, para solucionar, muitas vezes requer a construção de equipamentos de proteção de custo elevado. Dessa forma, existe uma certa compensação em se prever a espessura da chapa por um método simplificado de cálculo do golpe de aríete, porque a redução da espessura da mesma por um processo que leve em conta o sistema de proteção se contrapõe ao elevado custo dos equipamentos em certos casos.

Dessa forma a espessura da chapa da tubulação DN 2200 mm da adutora dupla foi fixada em 7/8", pré-dimensionada pelo processo aqui citado.

#### **5.3.2.6. Estação de Bombeamento EB-3 e Adutora em Aço DN 1600mm**

A Estação de Bombeamento EB-3 tem a finalidade de recalcar a água do Canal Principal para o Canal Secundário, o qual se desenvolve pela cota 400,00 m visando o atendimento das áreas mais altas ao sul do açude Fronteiras.

A EB-3 localiza-se nas coordenadas UTM (N 9.381.800; E 296.600), descarregando no início do Canal Secundário localizado nas coordenadas (N 9.381.100; E 296.100). Recalca uma vazão de 3,467 m<sup>3</sup>/s através de 6 bombas ativas mais uma de reserva modelo KSB RDL 400-480 A, 1750 RPM, rotor 400 mm,  $\eta = 83\%$  e potência unitária de 600 CV por bomba ou 441,6 KW. A EB-3 assim demanda cerca de 2.650 KW de potência efetiva no bombeamento.

A altura geométrica de bombeamento é de 57,26 m , uma vez que retira do Canal Principal no Km 72, onde chega na cota 342,74m e recalca para a cota 400,00 m. A altura manométrica é de 58 mca, devido às perdas na adutora de aço carbono DN 1600 mm.

A adutora DN 1600 mm da EB-3 foi pré-dimensionada conforme o exposto no item 5.3.2.5 resultando numa espessura de chapa de 5/8". Os custos do sistema foram majorados de forma a se levar em conta a necessidade de construção de equipamentos de proteção para o sistema.

### 5.3.2.7. Canal Principal e Canal Secundário do Sistema Poti Sul

Os canais foram pré-dimensionados pelo emprego da Equação de Manning adotando-se um coeficiente  $n = 0,014$ , correspondendo a um revestimento em concreto comum. Não foi adotado o valor de  $n = 0,013$  como indicado em algumas referências bibliográficas para o concreto liso, para se levar em conta a possibilidade de alguma imperfeição no processo construtivo, além do inevitável assoreamento com o decorrer do tempo para obras desse porte que conduzem água à céu aberto por longos trechos em corte.

Mesmo tomando-se os necessários cuidados de projeto relativo à proteção das encostas dos cortes e do sistema eficiente de drenagem das águas pluviais, sempre haverá uma parcela de sedimentos que irão inevitavelmente se depositar no leito do canal, até mesmo carreado por forças outras que não a chuva, como por exemplo, a ação eólica do transporte de sedimentos.

O dimensionamento geométrico para o regime permanente obedeceu a Equação de Manning do tipo:

$$Q = \frac{A_m \times R_h^{2/3} \times \sqrt{S_f}}{n}$$

em que:  $Q$  = vazão em  $m^3/s$ ;

$A_m$  = área da seção molhada do canal ( $m^2$ );

$R_h$  = raio hidráulico igual ao quociente da área molhada pelo perímetro molhado;

$n$  = coeficiente de Manning;

$S_f$  = declividade da linha de energia que deve ser igual à declividade de fundo do canal para regime permanente e uniforme.

Para o cálculo da profundidade crítica em seção do tipo trapezoidal foi adotada uma equação de recorrência com base no algoritmo de Newton Raphson do tipo:

$$Y_{c(i+1)} = Y_{ci} - \frac{Y_{ci}^3 \times (b + z \times Y_{ci})^3 - \left(\frac{Q^2}{g}\right) \times b - 2 \left(\frac{Q^2}{g}\right) \times z \times Y_{ci}}{3 \times Y_{ci}^2 (b + z \times Y_{ci})^3 + 3 \times z \times Y_{ci}^3 (b + z \times Y_{ci})^2 - 2 \left(\frac{Q^2}{g}\right) z}$$

em que:  $b$  = base inferior da seção trapezoidal;

$z$  = talude lateral da forma H:V;



$Y$  = altura da lâmina d'água no canal;

$Q$  = vazão;

$g$  = aceleração da gravidade;

para a qual se obtém uma rápida convergência pela aplicação da aproximação inicial dada por:

$$Y_{\text{inicial}} = \left( \frac{Q^2}{g \times b^2} \right)^{1/3}$$

O pré-dimensionamento das seções geométricas para cada vazão por trecho de canal foi feito empregando-se um programa computacional escrito em linguagem Fortran por Enéas da Silva<sup>7</sup> de forma a se estabelecer os custos aproximados por trecho dos Canais Principais e Secundário.

A verificação parcial do funcionamento do Canal Principal em regime permanente foi feito através do emprego do Programa CLIV da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica da Universidade de São Paulo, aqui anteriormente citado.

A Figura 5.4 mostra uma avaliação preliminar do pré-dimensionamento do Canal Principal sob a influência do poço de sucção da EB-3, no Km 72, dentro de uma *concepção não otimizada do sistema*. A não otimização se deve a:

---

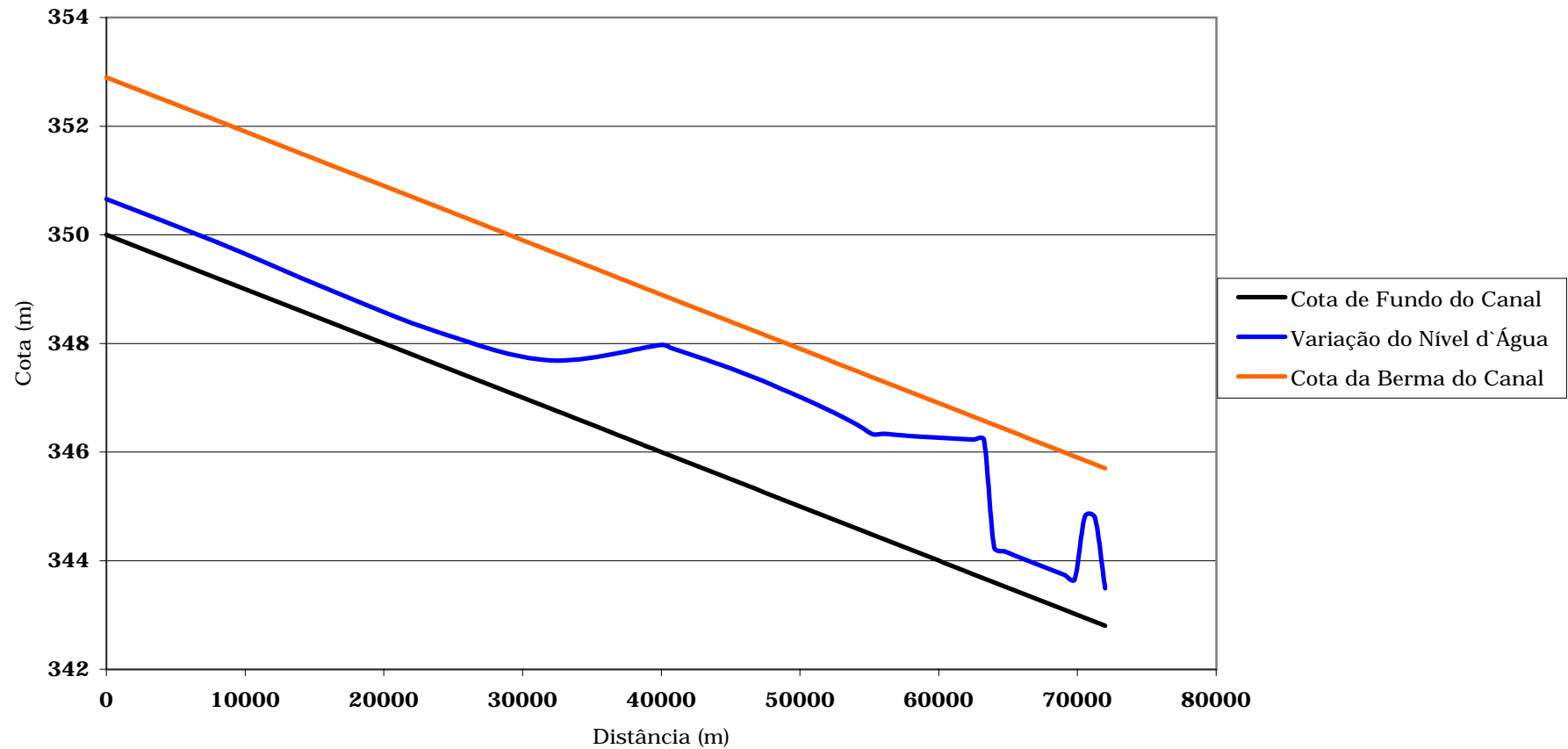
<sup>7</sup> Enéas da Silva, F. O., "Canal4 – Dimensionamento de Seções de Canais", Professor Adjunto de Hidráulica, Universidade de Fortaleza.



MONTGOMERY WATSON



**Figura 5.4: Avaliação do Pré-dimensionamento do Canal Principal Sob a Influência do Poço de Sucção da EB-3 - Sistema Não Otimizado**



- a) o canal está nivelado pelo fundo e não pela linha d'água como deveria ser. A razão para isto é que para o pré-dimensionamento do canal, a nível de viabilidade, o importante é definir as seções geométricas que permitam orçar o custo aproximado do canal para fins de comparação de custo entre as alternativas. O dimensionamento preciso levando em conta a linha d'água do canal deve ser objeto do Projeto Básico;
- b) as seções estão com espaçamento uniforme de 8 Km (9 trechos) e a distribuição das respectivas vazões por trecho é apenas aproximada;
- c) as retiradas de vazão por trecho de canal não estão geometricamente bem definidas na respectiva seção, isto causa uma instabilidade do comportamento da linha d'água como se pode observar com diferentes curvaturas de remanso;
- d) o objetivo da verificação foi o de constatar o confinamento da linha d'água do Canal Principal dentro da seção geométrica atribuída para cada trecho, ou seja, que o cálculo individual das seções pelo regime permanente uniforme permite a passagem da vazão em cada trecho respectivo sem transbordamento sobre a berma do canal.

O Quadro 5.12 apresenta as dimensões das seções geométricas adotadas para o orçamento dentro de cada faixa de variação de vazão. As seções não são de máxima eficiência hidráulica em virtude de ser quase impossível se empregar a relação  $Y/b$  relativas a estas seções, dada as condições geológicas da região. A presença do substrato cristalino a pouca profundidade impede o emprego de seções hidráulicas otimizadas, devido ao custo elevado que resultaria na escavação de grandes profundidades em material de 3ª categoria ou rocha sã. A declividade adotada foi 0,1 m/Km e o coeficiente de Manning  $n = 0,014$

**Quadro 5.12: Parâmetros Hidráulicos das Seções Orçadas em Função da Vazão**

Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Largura da Base b (m)	Lâmina d'água Y (m)	Lâmina Crítica Y <sub>c</sub> (m)
3,00	1,00	1,51	0,69
6,00	2,00	1,80	0,79
9,00	2,00	2,19	0,99
12,00	3,00	2,21	0,99
14,3	3,98	2,20	0,96

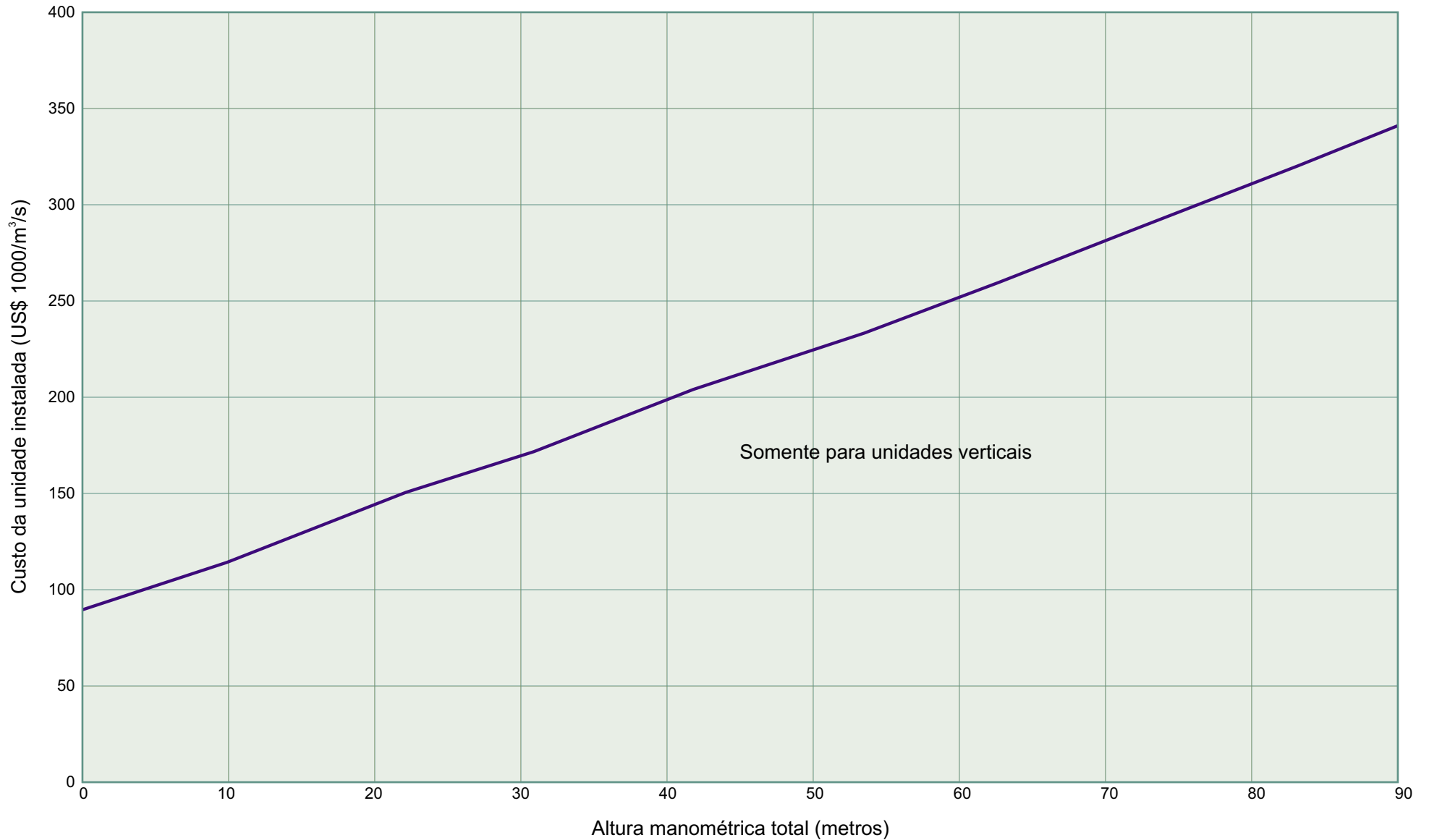
### 5.3.2.8. Estimativas de Custos

As estimativas de custos foram feitas, para as Alternativas 2 e 3, com base nos seguintes princípios:

- a) Canais e Adutoras: a partir de Planilhas de custo de seções típicas e por tipo de tubulação, espessura de chapa ou classe de pressão, as quais foram elaboradas pela Consultora com base na Tabela de Preços da Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (ver Anexo A deste volume);
- b) Estações de Bombeamento: os custos das EB's foram tirados da publicação Planejamento Geral de Projetos de Irrigação do Ministério da Integração Regional/ Secretaria de Irrigação, Brasília, 1993 da seguinte forma:
  - custos de grupos moto-bombas: preços da Figura 5.5 apresentada a seguir, com correção pelo index do BUREC;
  - custos de obras civis e urbanismo: preços da Figura 5.6 com correção pelo index do BUREC;
  - custos de equipamentos elétricos: preços da Figura 5.7 com correção pelo index do BUREC;
  - custos de equipamentos diversos: preços da Figura 5.8 com correção pelo index do BUREC;
  - custos das subestações: preços da Figura 5.9 com correção pelo index do BUREC.

Os custos por sistema para cada Alternativa são apresentados nos Quadros 5.13 a 5.17 a seguir.

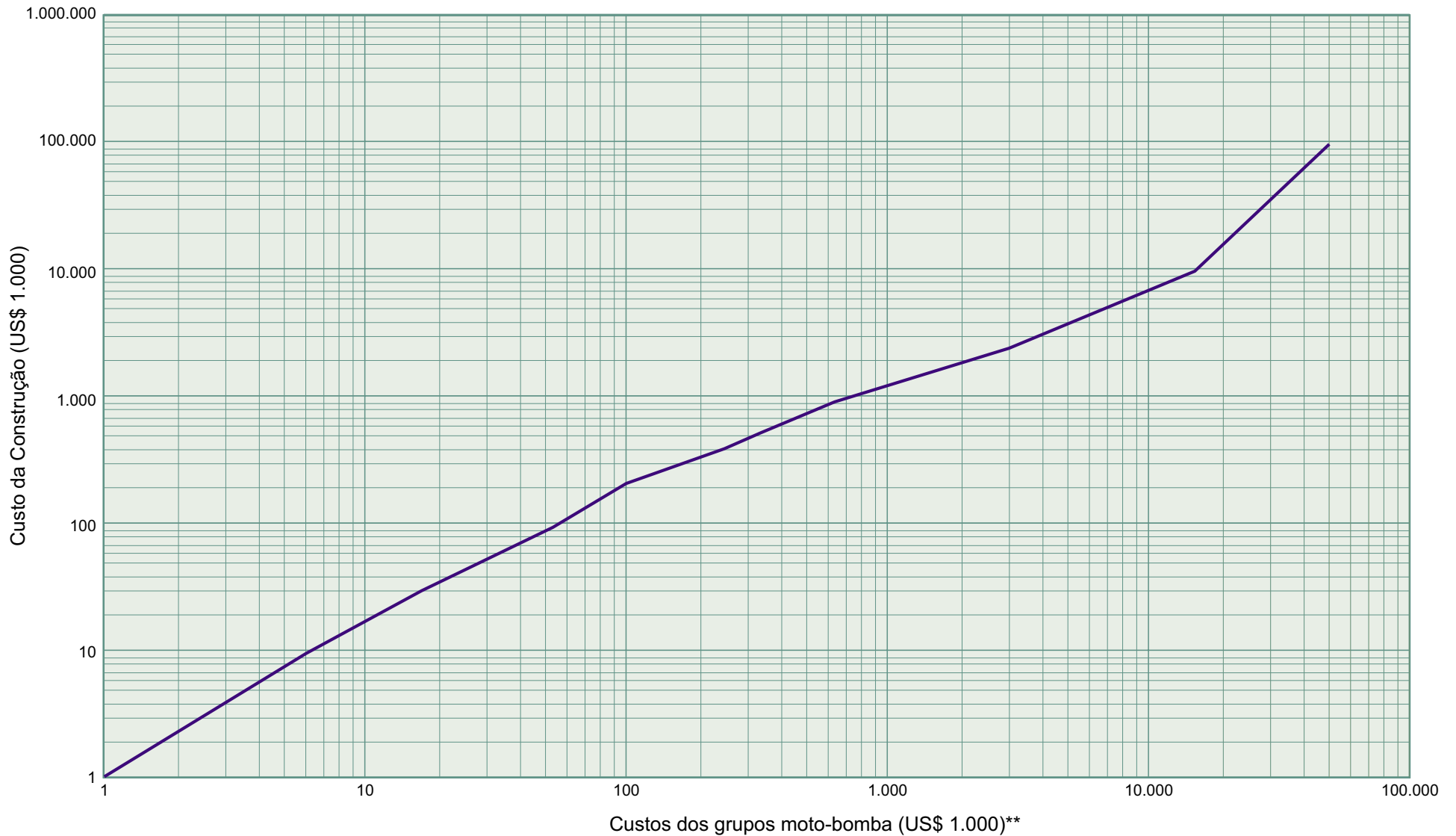
**Figura 5.5 - Estação de Bombeamento - Custos de Grupos de Moto-bombas em Nível de Pré-viabilidade\* (Preços de Janeiro de 1989)**



(\*) Não inclui custos de estudos, projeto e supervisão

Fonte: Planejamento Geral de Projetos de Irrigação do Ministério da Integração Regional / Secretaria de Irrigação, Brasília, 1993.

**Figura 5.6 - Estações de Bombeamento: Custos de Casas de Bombas, Obras Cíveis e Urbanismo em Nível de Pré-viabilidade\* (Preços de Janeiro de 1989)**

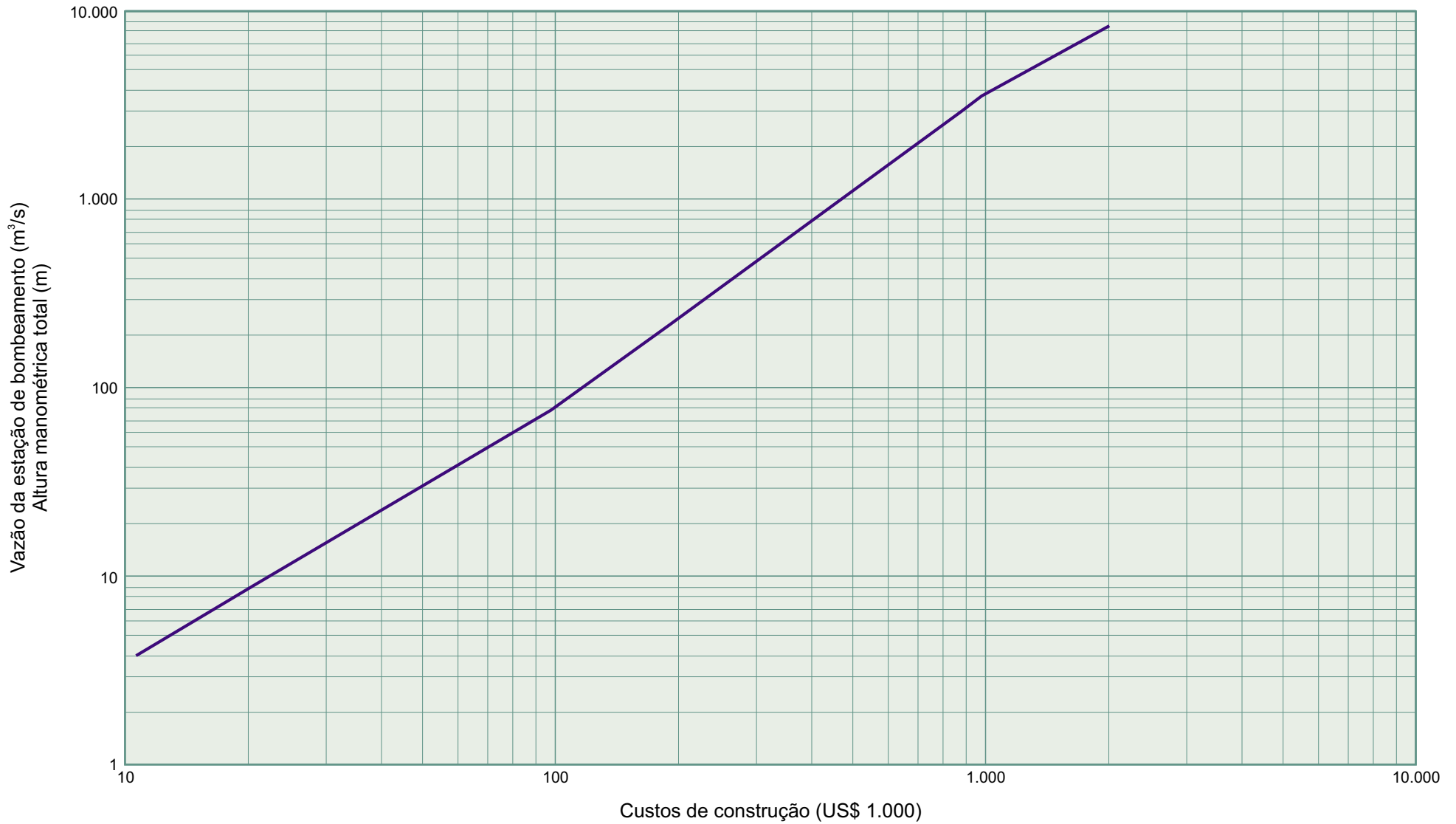


(\*) Inclui custos de pavimentação do acesso, estacionamento, cercas, iluminação externas.  
Não inclui os custos de estudos, projeto e supervisão.  
(\*\*) Obter este custo utilizando a figura 5.5

Fonte: Planejamento Geral de Projetos de Irrigação do Ministério da Integração Regional / Secretaria de Irrigação, Brasília, 1993.



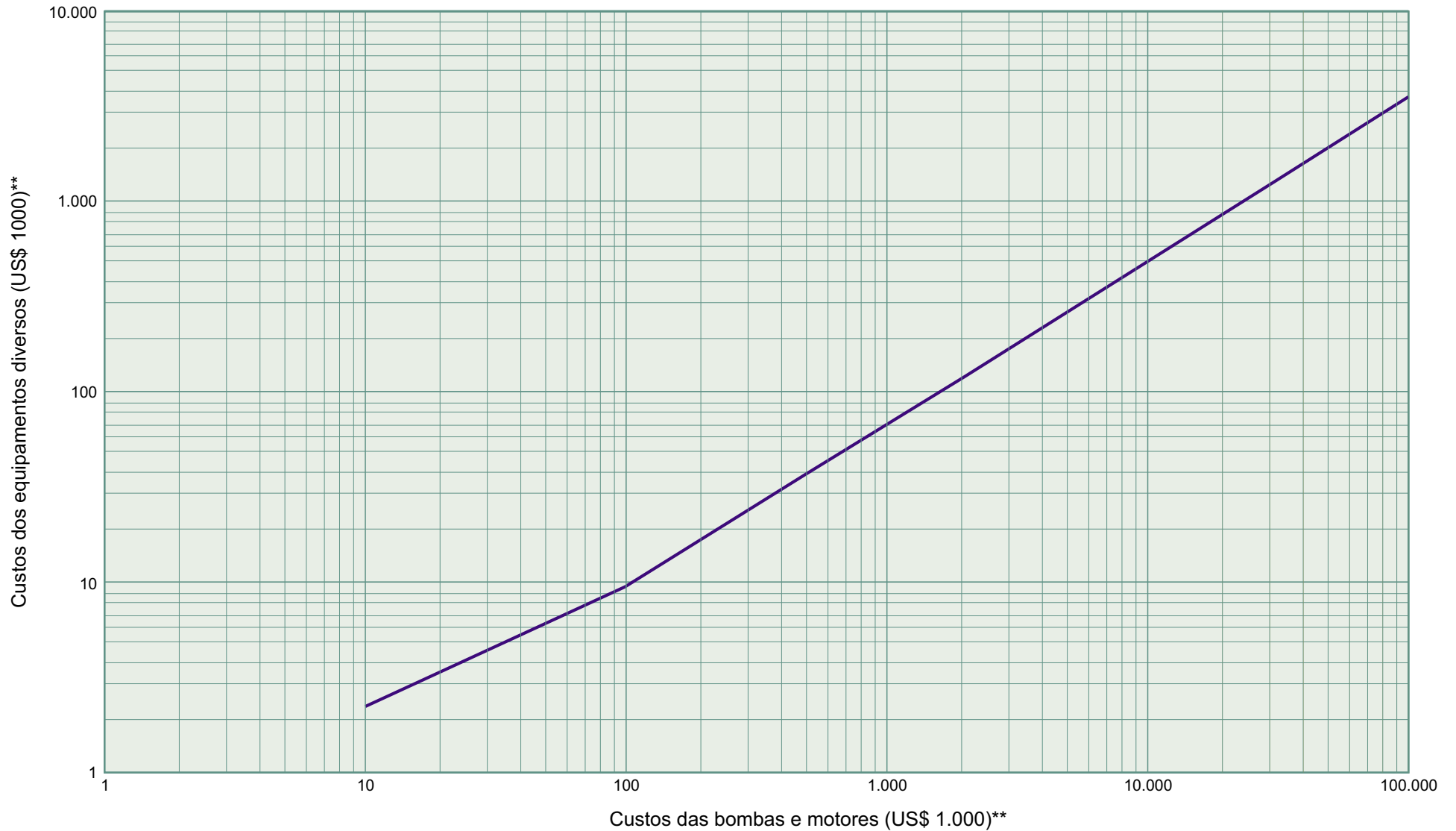
**Figura 5.7 - Estações de Bombeamento: Custos de Equipamentos elétricos em Nível de Pré-viabilidade\* (Preços de Janeiro de 1989)**



(\*) Não inclui os custos de estudos, projeto e supervisão.

Fonte: Planejamento Geral de Projetos de Irrigação do Ministério da Integração Regional / Secretaria de Irrigação, Brasília, 1993.

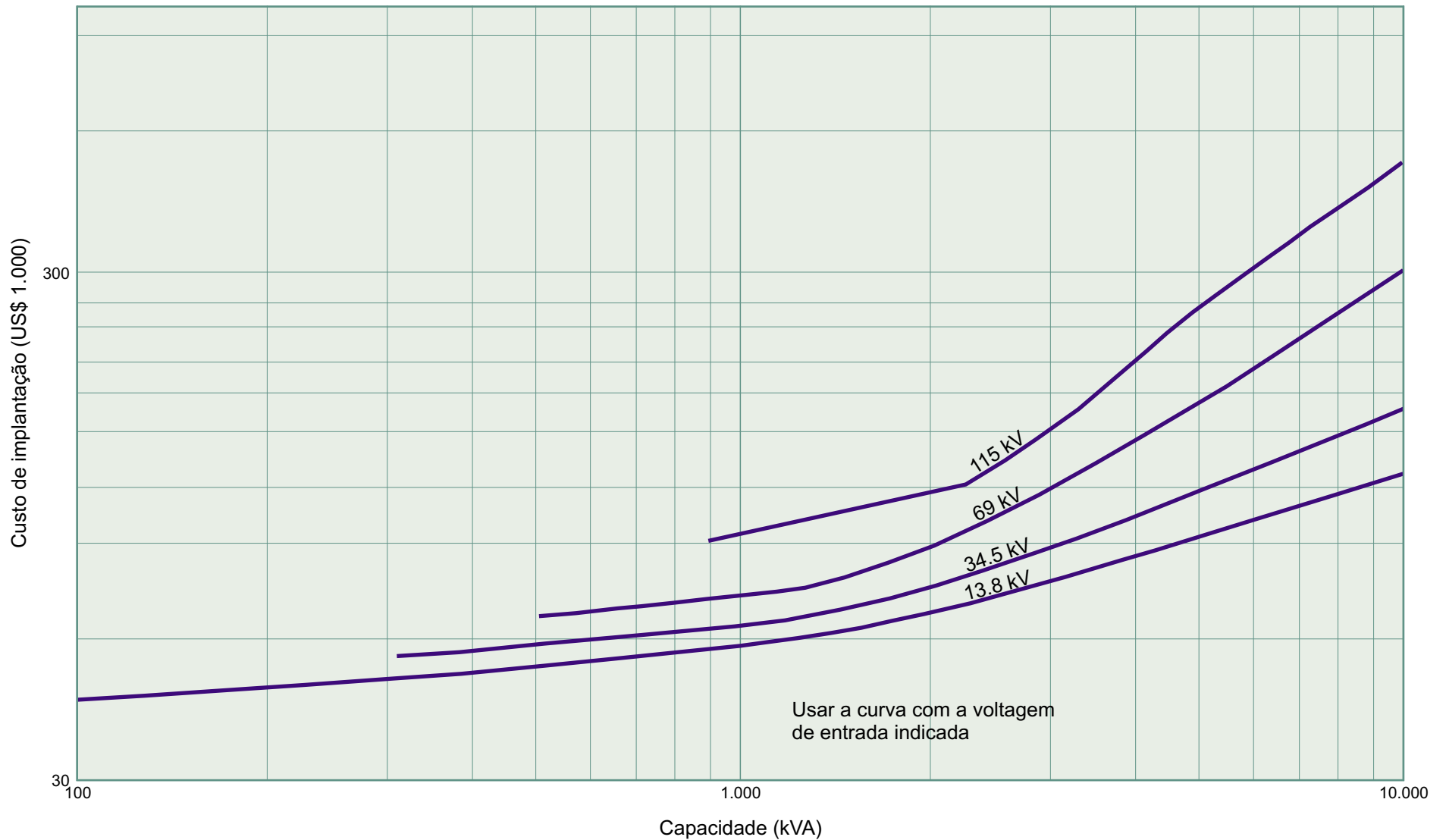
**Figura 5.8 - Estações de Bombeamento: Custos de Equipamentos Diversos em Nível de Pré-viabilidade\* (Preços de Janeiro de 1989)**



(\*) Não inclui os custos de estudos, projeto e supervisão.  
(\*\*) Obter este custo utilizando a figura 5.5

Fonte: Planejamento Geral de Projetos de Irrigação do Ministério da Integração Regional / Secretaria de Irrigação, Brasília, 1993.

**Figura 5.9 - Estações de Bombeamento em Nível de Pré-viabilidade\*  
(Preços de Janeiro de 1989)**



(\*) Não inclui os custos de estudos, projeto e supervisão.

Fonte: Planejamento Geral de Projetos de Irrigação do Ministério da Integração Regional / Secretaria de Irrigação, Brasília, 1993.



MONTGOMERY WATSON



Quadro 5.13: Custos da Captação do Canal Poti Sul - Alternativa 2

Item	Custo em R\$	Custo em US\$
<b>1- Estação Elevatória EB-1</b>		
1.1 Conjuntos Eletrobombas	1.581.518,21	878.621,23
1.2 Obras Civas e Urbanismo	2.407.500,00	1.337.500,00
1.3 Equipamentos Elétricos	338.999,99	188.333,33
1.4 Equipamentos Diversos	135.599,99	75.333,33
1.5 Subestações	180.799,20	100.444,00
1.6 Linhas de Transmissão	1.240.591,86	689.217,70
<b>Sub-Total EB-1</b>	<b>5.885.009,26</b>	<b>3.269.449,59</b>
<b>2- Adutora da Captação</b>		
2.1 Adutora aço DN 1400mm, L= 1,5 Km, esp = 1/2" , incluindo, montagem, acessórios, equipamentos e proteções	1.786.388,42	992.438,01
<b>Sub-Total Adutora da Captação</b>	<b>1.786.388,42</b>	<b>992.438,01</b>
<b>3-Custos do Canal de Transferência da Água Captada para a EB-2</b>		
3.1 Canal em Aterro	1.229.063,06	682.812,81
3.2 Canal em Corte	1.040.129,37	577.849,65
<b>Sub-Total do Canal de Transferência</b>	<b>2.269.192,43</b>	<b>1.260.662,46</b>
<b>4- Estação de Bombeamento EB-2</b>		
4.1 Conjuntos Eletrobombas	2.714.498,69	1.508.054,83
4.2 Obras Civas e Urbanismo	3.068.118,00	1.704.510,00
4.3 Equipamentos Elétricos	324.016,20	180.009,00
4.4 Equipamentos Diversos	144.005,40	80.003,00
4.5 Subestações	230.410,80	128.006,00
4.6 Linhas de Transmissão	92.171,70	51.206,50
<b>Sub-Total EB-2</b>	<b>6.573.220,79</b>	<b>3.651.789,33</b>
<b>5- Adutora da EB-2</b>		
5.1 Adutora aço DN 1400mm, L= 0,5 Km, esp = 1/2" , incluindo, montagem, acessórios, equipamentos e proteções	595.462,81	330.812,67
<b>Sub-Total Adutora da EB-2</b>	<b>595.462,81</b>	<b>330.812,67</b>
<b>Total</b>	<b>17.109.273,71</b>	<b>9.505.152,06</b>
<b>Eventuais (10%)</b>	<b>1.710.927,37</b>	<b>950.515,21</b>
<b>Consultoria, Projetos e Supervisão (5%)</b>	<b>855.463,69</b>	<b>475.257,60</b>
<b>Total Geral</b>	<b>19.675.664,76</b>	<b>10.930.924,87</b>



MONTGOMERY WATSON



Quadro 5.14: Custos do Canal Poti Sul - Alternativa 2

<b>Canal Principal</b>										
Trecho (Estacas)	Vazão (m3/s)	Extensão em Aterro (Km)	Extensão em Corte (Km)	Extensão em Seção Mista (Km)	Custo da Seção em Aterro (US\$/Km)	Custo da Seção em Corte (US\$/Km)	Custo da Seção Mista (US\$/Km)	Custo do Trecho em Aterro (US\$)	Custo do Trecho em Corte (US\$)	Custo do Trecho em Seção Mista (US\$)
0 a 27	3,159	4,35	8,35	14,30	325.149	262.659	293.904	1.414.397,98	2.193.202,07	4.202.826,34
<b>Total</b>	-	<b>4,35</b>	<b>8,35</b>	<b>14,30</b>	-	-	-	<b>1.414.397,98</b>	<b>2.193.202,07</b>	<b>4.202.826,34</b>
<b>Custo Total</b>										<b>7.810.426,38</b>
<b>Eventuais (10%)</b>										<b>781.042,64</b>
<b>Consultoria, Projetos e Supervisão (5%)</b>										<b>390.521,32</b>
<b>Custo Total do Canal Poti Sul</b>										<b>8.981.990,34</b>
<b>Custo Total do Canal Poti Sul em Real</b>										<b>#####</b>



MONTGOMERY WATSON

**Quadro 5.15: Custos da Captação do Canal Poti Sul - Alternativa 3**

Item	Custo em R\$	Custo em US\$
<b>1- Estação Elevatória EB-1</b>		
1.1 Conjuntos Eletrobombas	6.816.067,04	3.786.703,91
1.2 Obras Civas e Urbanismo	6.018.750,00	3.343.750,00
1.3 Equipamentos Elétricos	790.999,99	439.444,44
1.4 Equipamentos Diversos	406.800,00	226.000,00
1.5 Subestações	542.399,99	301.333,33
1.6 Linhas de Transmissão	1.240.591,86	689.217,70
<b>Sub-Total EB-1</b>	<b>15.815.608,88</b>	<b>8.786.449,38</b>
<b>2- Adutora da Captação</b>		
2.1 Adutora aço DN 2200mm, L= 1,5 Km, esp = 7/8" , incluindo, montagem, acessórios, equipamentos e proteções	9.174.236,96	5.096.798,31
<b>Sub-Total Adutora da Captação</b>	<b>9.174.236,96</b>	<b>5.096.798,31</b>
<b>3-Custos do Canal de Transferência da Água Captada para a EB-2</b>		
3.1 Canal em Aterro	2.257.735,41	1.254.297,45
3.2 Canal em Corte	1.849.024,58	1.027.235,88
<b>Sub-Total do Canal de Transferência</b>	<b>4.106.759,99</b>	<b>2.281.533,33</b>
<b>4- Estação de Bombeamento EB-2</b>		
4.1 Conjuntos Eletrobombas	8.520.083,78	4.733.379,88
4.2 Obras Civas e Urbanismo	9.630.000,00	5.350.000,00
4.3 Equipamentos Elétricos	1.017.000,00	565.000,00
4.4 Equipamentos Diversos	452.000,00	251.111,11
4.5 Subestações	723.199,99	401.777,77
4.6 Linhas de Transmissão	92.171,70	51.206,50
<b>Sub-Total EB-2</b>	<b>20.434.455,47</b>	<b>11.352.475,26</b>
<b>5- Adutora da EB-2</b>		
5.1 Adutora aço DN 2200mm, L= 0,5 Km, esp = 7/8" , incluindo, montagem, acessórios, equipamentos e proteções	3.058.078,99	1.698.932,77
<b>Sub-Total Adutora da EB-2</b>	<b>3.058.078,99</b>	<b>1.698.932,77</b>
<b>Total</b>	<b>52.589.140,29</b>	<b>29.216.189,05</b>
<b>Eventuais (10%)</b>	<b>5.258.914,03</b>	<b>2.921.618,91</b>
<b>Consultoria, Projetos e Supervisão (5%)</b>	<b>2.629.457,01</b>	<b>1.460.809,45</b>
<b>Total Geral</b>	<b>60.477.511,33</b>	<b>33.598.617,41</b>



MONTGOMERY WATSON

**Quadro 5.16: Custos da EB3 do Canal Poti Sul - Alternativa 3**

Item	Custo em R\$	Custo em US\$
<b>1- Estação Elevatória EB-3</b>		
1.1 Conjuntos Eletrobombas	67.208,65	37.338,14
1.2 Obras Civas e Urbanismo	129.728,45	72.071,36
1.3 Equipamentos Elétricos	278.075,21	154.486,23
1.4 Equipamentos Diversos	123.588,90	68.660,50
1.5 Subestações	275.130,41	152.850,23
1.6 Linhas de Transmissão	1.921.878,00	1.067.710,00
<b>Sub-Total EB-3</b>	<b>2.795.609,63</b>	<b>1.553.116,46</b>
<b>2- Adutora da Captação</b>		
2.1 Adutora aço DN 1600mm, L= 0,5 Km, esp = 5/8" , incluindo, montagem, acessórios, equipamentos e proteções	824.545,28	458.080,71
<b>Sub-Total Adutora da EB-2</b>	<b>824.545,28</b>	<b>458.080,71</b>
<b>Total</b>	<b>3.620.154,91</b>	<b>2.011.197,17</b>
<b>Eventuais (10%)</b>	<b>362.015,49</b>	<b>201.119,72</b>
<b>Consultoria, Projetos e Supervisão (5%)</b>	<b>181.007,75</b>	<b>100.559,86</b>
<b>Total Geral</b>	<b>4.163.178,14</b>	<b>2.312.876,75</b>



MONTGOMERY WATSON



Quadro 5.17: Custos do Canal Poti Sul - Alternativa 3

<b>Canal Principal</b>										
Trecho (Estacas)	Vazão (m3/s)	Extensão em Aterro (Km)	Extensão em Corte (Km)	Extensão em Seção Mista (Km)	Custo da Seção em Aterro (US\$/Km)	Custo da Seção em Corte (US\$/Km)	Custo da Seção Mista (US\$/Km)	Custo do Trecho em Aterro (US\$)	Custo do Trecho em Corte (US\$)	Custo do Trecho em Seção Mista (US\$)
0 a 16	14,255	3,20	0,80	12,00	567.619	443.735	505.677	1.816.382,11	354.987,87	6.068.125,44
16 a 35	12,481	7,10	7,20	4,70	548.973	429.297	489.135	3.897.710,64	3.090.939,62	2.298.935,68
35 a 38	12,196	0,85	1,10	1,05	536.438	419.494	477.966	455.972,03	461.443,72	501.864,29
38 a 40	10,202	0,45	0,80	0,75	504.664	394.862	449.763	227.098,98	315.889,34	337.322,28
40 a 41	9,775	0,70	0,00	0,30	483.542	378.335	430.938	338.479,33	-	129.281,52
41 a 46	9,433	2,00	0,20	2,80	466.624	365.098	415.861	933.248,24	73.019,61	1.164.411,02
46 a 73	4,377	9,45	9,00	8,55	327.038	261.991	294.514	3.090.508,44	2.357.916,39	2.518.097,44
73 a 82,7	0,910	0,45	3,35	5,90	215.685	179.835	197.760	97.058,30	602.447,82	1.166.784,83
<b>Total</b>	-	<b>24,20</b>	<b>22,45</b>	<b>36,05</b>	-	-	-	<b>10.856.458,07</b>	<b>7.256.644,38</b>	<b>14.184.822,49</b>
<b>Custo Total</b>										<b>32.297.924,94</b>
<b>Canal Secundário</b>										
Trecho (Estacas)	Vazão (m3/s)	Extensão em Aterro (Km)	Extensão em Corte (Km)	Extensão em Seção Mista (Km)	Custo da Seção em Aterro (US\$/Km)	Custo da Seção em Corte (US\$/Km)	Custo da Seção Mista (US\$/Km)	Custo do Trecho em Aterro (US\$)	Custo do Trecho em Corte (US\$)	Custo do Trecho em Seção Mista (US\$)
0 a 11	3,467	4,95	0,75	5,30	259.045	207.522	233.283	1.282.273,34	155.641,16	1.236.401,65
11 a 25	1,733	5,95	1,85	6,20	241.713	198.272	219.993	1.438.191,70	366.803,77	1.363.954,12
<b>Total</b>	-	<b>10,90</b>	<b>2,60</b>	<b>11,50</b>	-	-	-	<b>2.720.465,04</b>	<b>522.444,93</b>	<b>2.600.355,77</b>
<b>Custo Total</b>										<b>5.843.265,74</b>
<b>Custo Canal Principal +Secundário</b>										<b>38.141.190,68</b>
<b>Eventuais (10%)</b>										<b>3.814.119,07</b>
<b>Consultoria, Projetos e Supervisão (5%)</b>										<b>1.907.059,53</b>
<b>Custo Total do Canal Poti Sul</b>										<b>43.862.369,28</b>
<b>Custo Total do Canal Poti Sul em Real</b>										<b>78.952.264,70</b>



## 5.4. ADUTORAS DE ARARENDÁ – IPAPORANGA – IPUEIRAS E NOVA RUSSAS

### 5.4.1. Generalidades e Condicionantes de Projeto

Na presente alternativa, os municípios de Ararendá, Ipaporanga e Nova Russas, e no município de Ipueiras, a sede, os distritos de Eng<sup>o</sup> João Thomé e Livramento e parte da demanda difusa, serão contemplados com abastecimento de água proveniente do sistema de reservatórios Inhuçu-Lontras, através de derivação tomada na saída do túnel de alimentação da UHE de Ipueiras.

As vazões demandadas por estes municípios para o horizonte de projeto de 2030, incluindo a demanda humana, industrial e animal, são apresentadas no Quadro 5.18 abaixo.

**Quadro 5.18: Demandas Humana, Industrial e Animal Abastecidas pela Adutora de Ararendá-Ipaporanga-Ipueiras e Nova Russas para Horizonte de Projeto de 2030**

Identificação da Demanda	Demanda (m <sup>3</sup> /ano)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
Município de Ipaporanga	1.522.745	0,048
Município de Ararendá	1.322.161	0,042
Município de Nova Russas	4.362.073	0,138
<b>Município de Ipueiras</b>		
Ipueiras (sede)	1.316.521	0,042
Eng <sup>o</sup> João Thomé (distrito)	165.173	0,0052
Livramento (distrito)	135.165	0,0042

A demanda difusa do município de Ipueiras constitui-se em 3.321.976 m<sup>3</sup>/ano, dos quais cerca de 25% serão atendidos pela adutora ao longo de seu caminhamento. A vazão em cada trecho dentro do município de Ipueiras foi determinada levando-se em conta esta demanda.

O traçado da adutora e seu pré-dimensionamento foi feito com base na prerrogativa de que o atendimento a estas localidades seria integralmente gravitatório, aproveitando-se a carga hidráulica disponível desde o túnel de adução para a UHE de Ipueiras. Dessa forma, a fixação do ponto de captação foi uma função da perda de carga máxima disponível que garantisse ainda o atendimento gravitatório àquelas localidades, em função de suas cotas topográficas e respectivas distâncias ao ponto de captação. O Quadro 5.19 mostra as cotas topográficas médias das principais localidades a serem atendidas pela adutora.

**Quadro 5.19: Altitudes Médias das Localidades a Serem Atendidas pela Adutora**

Localidade	Altitude Média
Ipueiras	280,00
Nova Russas	241,00
Ararendá	350,00
Ipaporanga	281,60
Eng° João Thomé	320,00
Livramento	360,00

Como se pode observar no Quadro 5.19, o trecho crítico corresponde ao ramal da adutora que vai abastecer as localidades de Ararendá e Livramento por estarem situadas em cotas elevadas, respectivamente 350 e 360 m. Portanto, devido ao fato de que o abastecimento deverá ser gravitário, excluiu-se a possibilidade de captação da adutora no canal de saída da UHE de Ipueiras, uma vez que a cota do nível d'água no canal é a cota 320,00 e assim tornar-se-ia impossível o atendimento gravitário daquelas localidades.

Uma vez que não se recomenda nenhum tipo de derivação diretamente na tubulação de adução (Penstock) da UHE, a única alternativa viável para garantir o atendimento gravitário das localidades abastecidas pela adutora é realizando-se uma captação na caixa de transição do túnel vindo do açude Lontras para o Penstock da hidrelétrica, a qual deve se situar na cota 500,726 m. O sistema anteprojetado é descrito no item seguinte.

#### **5.4.2. Descrição da Adutora Anteprojetada**

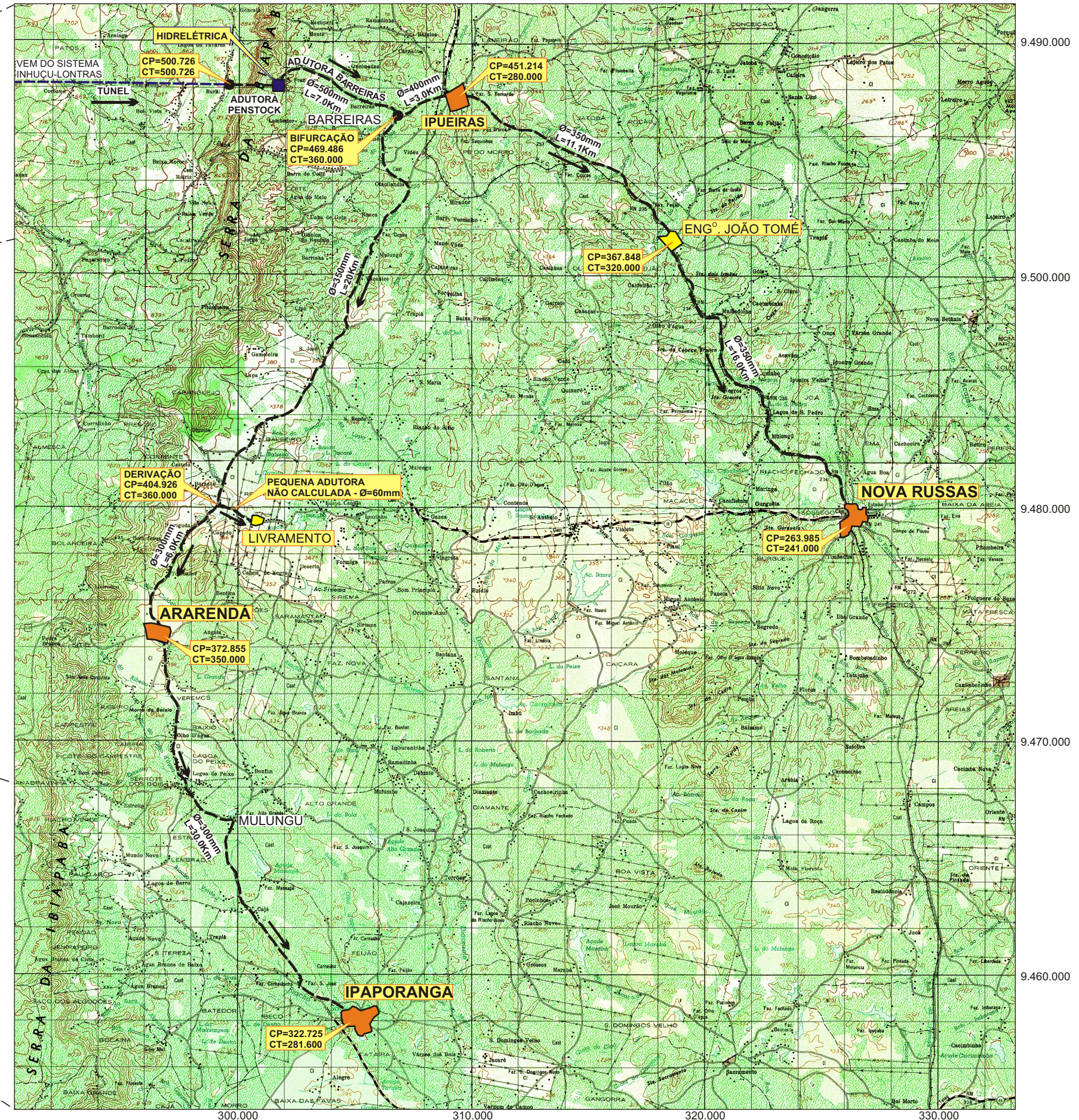
A tubulação da adutora terá início então na cota 500,726 m descendo a encosta da serra lateralmente ao Penstock da UHE, desviando-se desta à altura da localidade de São Francisco, tomando uma estrada de terra que conduz à bifurcação da adutora na estrada que liga as localidades de Barreiras e Pai Mané para a cidade de Ipueiras. O diâmetro da adutora desde a tomada na caixa de transição do túnel-penstock é DN 500 mm, em ferro fundido, tendo cerca de 7,0 Km de extensão até a referida bifurcação.

Na bifurcação, ocorre a divisão da adutora em dois ramais: o primeiro segue a estrada de terra que leva a Ipueiras, reduzindo-se o diâmetro para DN 400 mm, até alcançar a cidade de Ipueiras distando 3,00 Km da bifurcação. Seguindo-se neste primeiro ramal, serão atendidos o

distrito de Eng° João Thomé e a cidade de Nova Russas. O trecho entre Ipueiras e Eng° João Thomé tem cerca de 11,1 Km de extensão e mais 16,0 Km entre este último e a cidade de Nova Russas. O diâmetro da adutora nestes dois trechos é uniforme igual a DN 350mm, em ferro fundido.

O segundo ramal parte da bifurcação para atendimento ao distrito de Livramento e as cidades de Ararendá e Ipaporanga, com caminhamento na direção sul. O primeiro trecho entre a bifurcação e a derivação para o distrito de Livramento tem cerca de 20,00 Km e a adutora é no diâmetro DN 350 mm em ferro fundido. O segundo trecho, entre a derivação e a cidade de Ararendá tem mais 6,0 Km e a adutora reduz seu diâmetro para DN 300 mm. A partir de Ararendá, o segundo ramal da adutora segue para Ipaporanga passando pela localidade de Mulungo, percorrendo mais 30,00 Km com diâmetro DN 300 mm até seu destino final.

A Figura 5.10 apresenta o mapa de localização da adutora anteprojitada.



**FIGURA 5.10 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO SISTEMA DE ADUTORAS DE IPAPORANGA, ARARENDÁ, IPUEIRAS E NOVA RUSSAS**

Fonte: Atlas do Ceará - IPLANCE.

### 5.4.3. Memorial de Cálculo do Pré-dimensionamento

A seleção dos diâmetros foi feita com base no cálculo das cotas piezométricas computadas trecho a trecho, obedecendo-se o condicionante de atender à vazão demandada para cada trecho sob condição gravitária de escoamento e fixando-se o diâmetro comercial mínimo conveniente que atendesse a essas prerrogativas de projeto. O cálculo partiu de jusante para montante, ajustando-se os diâmetros convenientemente em função da perda de carga verificada no trecho.

A equação empregada para cálculo da perda de carga unitária foi a de Hazen-Williams na forma:

$$J = \frac{10,641 Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,87}}$$

Sendo  $J$  = perda de carga unitária (m/m);

$Q$  = vazão no trecho ( $m^3/s$ );

$D$  = diâmetro da tubulação (m);

$C$  = coeficiente em função da rugosidade do material empregado, no caso, foi adotado  $C = 130$  para o ferro fundido.

O dimensionamento preliminar estabeleceu inicialmente uma velocidade máxima de 1,5 m/s na tubulação para cada trecho e determinou-se o diâmetro mínimo necessário para atender esse critério. Posteriormente calculou-se a perda de carga em cada trecho e, somando-se as perdas de carga totais desde o ponto final da linha de adução até a tomada d'água na saída do túnel, determinou-se se as cotas piezométricas resultantes satisfaziam a condição de atendimento gravitário a partir da cota da tomada d'água fixada na cota 500,726 m. Apresenta-se a seguir um sumário do pré-dimensionamento por trecho.

#### 5.4.3.1. Trecho Ararendá - Ipaporanga

- vazão de Ipaporanga:  $Q = 0,048 m^3/s$
- comprimento do trecho:  $L = 30 Km = 30.000m$
- vazão de projeto do trecho:  $Q = 0,048 m^3/s$

- área mínima do tubo para  $V_{max} = 1,5 \text{ m/s}$ :  $A=Q/V_{max} = 0,048/1,5 = 0,032191 \text{ m}^2$
- diâmetro mínimo:  $D_{min} = \sqrt{4 * 0,032191 / \pi} = 0,202 \text{ m}$  ou  $D_{min} = 200 \text{ mm}$
- perda de carga unitária para  $D_{min} = 200 \text{ mm}$ :  $J = 0,012036 \text{ m/m}$
- perda de carga contínua no trecho  $H= J * L$  :  $H = 361,08 \text{ mca}$  ( inviável!)
- adotando  $D_{min} = 300\text{mm}$ :  $J = 0,001671 \text{ m/m}$
- perda de carga contínua no trecho:  $H = 50,13 \text{ mca}$  (aceitável)

#### 5.4.3.2. Trecho Derivação de Livramento a Ararendá

- vazão de Ararendá:  $Q = 0,042 \text{ m}^3/\text{s}$
- comprimento do trecho:  $L = 6 \text{ Km} = 6.000\text{m}$
- vazão de projeto do trecho:  $Q = 0,042 \text{ m}^3/\text{s} + 0,048 \text{ m}^3/\text{s} = 0,090 \text{ m}^3/\text{s}$
- área mínima do tubo para  $V_{max} = 1,5 \text{ m/s}$ :  $A=Q/V_{max} = 0,090/1,5 = 0,06 \text{ m}^2$
- diâmetro mínimo:  $D_{min} = \sqrt{4 * 0,06 / \pi} = 0,276 \text{ m}$  ou  $D_{min} = 300 \text{ mm}$
- perda de carga unitária para  $D_{min} = 300 \text{ mm}$ :  $J = 0,005345 \text{ m/m}$
- perda de carga contínua no trecho  $H= J * L$  :  $H = 32,071 \text{ mca}$  ( aceitável)

#### 5.4.3.3. Trecho da Bifurcação para a Derivação de Livramento

- vazão de Livramento:  $Q = 0,00428 \text{ m}^3/\text{s}$
- comprimento do trecho:  $L = 20 \text{ Km} = 20.000\text{m}$
- demanda difusa no trecho:  $20\text{Km}/41,1\text{Km} * 25\% * 0,10534 \text{ m}^3/\text{s} = 0,01282 \text{ m}^3/\text{s}$
- vazão de projeto do trecho:  $Q = 0,090 \text{ m}^3/\text{s} + 0,01282 \text{ m}^3/\text{s} = 0,10282 \text{ m}^3/\text{s}$
- área mínima do tubo para  $V_{max} = 1,5 \text{ m/s}$ :  $A=Q/V_{max} = 0,10282/1,5 = 0,06855 \text{ m}^2$
- diâmetro mínimo:  $D_{min} = \sqrt{4 * 0,06855 / \pi} = 0,295 \text{ m}$  ou  $D_{min} = 300 \text{ mm}$

- perda de carga unitária para  $D_{min} = 300$  mm:  $J = 0,0068383$  m/m
- perda de carga contínua no trecho  $H = J * L$  :  $H = 136,77$  mca ( inviável!)
- adotando  $D_{min} = 350$  mm:  $J = 0,0032279$  m/m
- perda de carga contínua no trecho:  $H = J * L$ :  $H = 64,56$  mca

#### 5.4.3.4. Trecho Eng° João Thomé a Nova Russas

- vazão do trecho segundo simulação no HEC-3:  $Q = 0,150$  m<sup>3</sup>/s
- comprimento do trecho:  $L = 16$  Km = 16.000m
- vazão de projeto do trecho:  $Q = 0,150$  m<sup>3</sup>/s
- área mínima do tubo para  $V_{max} = 1,5$  m/s:  $A = Q/V_{max} = 0,150/1,5 = 0,10$  m<sup>2</sup>
- diâmetro mínimo:  $D_{min} = \sqrt{4 * 0,10 / \pi} = 0,356$  m ou  $D_{min} = 400$  mm
- perda de carga unitária para  $D_{min} = 400$  mm:  $J = 0,003387$  m/m
- perda de carga contínua no trecho  $H = J * L$  :  $H = 54,20$  mca ( aceitável)
- porém neste trecho é aceitável uma perda de carga maior: adotando  $D_{min} = 350$  mm
- perda de carga unitária para  $D_{min} = 350$  mm:  $J = 0,006491$  m/m
- perda de carga contínua no trecho  $H = J * L$  :  $H = 103,863$  mca ( aceitável)

#### 5.4.3.5. Trecho Ipueiras a Eng° João Thomé

- vazão de Eng° João Thomé:  $Q = 0,00523$  m<sup>3</sup>/s
- comprimento do trecho:  $L = 11,1$  Km = 11.100m
- demanda difusa no trecho:  $11,1\text{Km}/41,1\text{Km} * 25\% * 0,10534$  m<sup>3</sup>/s = 0,007112 m<sup>3</sup>/s
- vazão do trecho :  $Q = 0,150$  m<sup>3</sup>/s + 0,00523 m<sup>3</sup>/s + 0,007112 m<sup>3</sup>/s = 0,1623 m<sup>3</sup>/s
- área mínima do tubo para  $V_{max} = 1,5$  m/s:  $A = Q/V_{max} = 0,1623/1,5 = 0,1082$  m<sup>2</sup>

- diâmetro mínimo:  $D_{min} = \sqrt{4 * 0,1082 / \pi} = 0,3712 \text{ m}$  ou  $D_{min} = 400 \text{ mm}$
- perda de carga unitária para  $D_{min} = 400 \text{ mm}$ :  $J = 0,00392 \text{ m/m}$
- perda de carga contínua no trecho  $H = J * L$  :  $H = 43,508 \text{ mca}$  ( aceitável)
- porém neste trecho é aceitável uma perda de carga maior: adotando  $D_{min} = 350 \text{ mm}$
- perda de carga unitária para  $D_{min} = 350 \text{ mm}$ :  $J = 0,00751044 \text{ m/m}$
- perda de carga contínua no trecho  $H = J * L$  :  $H = 83,366 \text{ mca}$  ( aceitável)

#### 5.4.3.6. Trecho Bifurcação a Ipueiras

- vazão de Ipueiras:  $Q = 0,04174 \text{ m}^3/\text{s}$
- comprimento do trecho:  $L = 3,0 \text{ Km} = 3.000\text{m}$
- demanda difusa no trecho:  $3,0\text{Km}/41,1\text{Km} * 25\% * 0,10534 \text{ m}^3/\text{s} = 0,001922 \text{ m}^3/\text{s}$
- vazão do trecho :  $Q = 0,1623 \text{ m}^3/\text{s} + 0,04174 \text{ m}^3/\text{s} + 0,001922 = 0,20596 \text{ m}^3/\text{s}$
- área mínima do tubo para  $V_{max} = 1,5 \text{ m/s}$ :  $A = Q/V_{max} = 0,20596/1,5 = 0,13731 \text{ m}^2$
- diâmetro mínimo:  $D_{min} = \sqrt{4 * 0,13731 / \pi} = 0,418 \text{ m}$  ou  $D_{min} = 400 \text{ mm}$
- perda de carga unitária para  $D_{min} = 400 \text{ mm}$ :  $J = 0,00609063 \text{ m/m}$
- perda de carga contínua no trecho  $H = J * L$  :  $H = 18,272 \text{ mca}$  ( aceitável)

#### 5.4.3.7. Trecho da Caixa de Transição do Túnel até a Bifurcação

- comprimento do trecho:  $L = 7,0 \text{ Km} = 7.000\text{m}$
- demanda difusa no trecho:  $7,0\text{Km}/41,1\text{Km} * 25\% * 0,10534 \text{ m}^3/\text{s} = 0,004485 \text{ m}^3/\text{s}$
- vazão do trecho:  $Q = 0,20596 \text{ m}^3/\text{s} + 0,10282 \text{ m}^3/\text{s} + 0,004485 \text{ m}^3/\text{s} = 0,31327 \text{ m}^3/\text{s}$
- área mínima do tubo para  $V_{max} = 1,5 \text{ m/s}$ :  $A = Q/V_{max} = 0,31327/1,5 = 0,20885 \text{ m}^2$



- diâmetro mínimo:  $D_{min} = \sqrt{4 * 0,20885 / \pi} = 0,516 \text{ m}$  ou  $D_{min} = 500 \text{ mm}$
- perda de carga unitária para  $D_{min} = 500 \text{ mm}$ :  $J = 0,004463 \text{ m/m}$
- perda de carga contínua no trecho  $H = J * L$  :  $H = 31,24 \text{ mca}$  ( aceitável)

#### 5.4.3.8. Cotas Piezométricas Resultantes

O Quadro 5.20 apresenta as cotas piezométricas resultantes consideradas as perdas de carga contínuas calculadas. Como as perdas de carga localizadas são insignificantes comparadas às perdas de carga contínuas, a nível de viabilidade podem ser desprezadas.

**Quadro 5.20: Cotas Piezométricas e Pressões Disponíveis nos Pontos Notáveis da Adutora**

Local	Cota do Terreno (m)	Cota Piezométrica (mca)	Pressão Disponível (mca)
Saída do túnel	500	500,726	-
Bifurcação	360	469,486	109,486
Ipueiras	280	451,214	171,214
Eng° João Thomé	320	367,848	47,848
Nova Russas	241	263,985	22,985
Derivação p/ Livramento	360	404,926	44,926
Ararendá	350	372,855	22,855
Ipaporanga	281,6	322,725	41,125

Em função das pressões estáticas a que estão sujeitas as tubulações, adotou-se o ferro fundido K-7 para execução da adutora.

O Quadro 5.21 apresenta os custos calculados para a adutora de Ararendá – Ipaporanga – Ipueiras e Nova Russas.

**Quadro 5.21: Custos das Adutoras de Ipaporanga, Ararendá, Ipueiras e Nova Russas**

Trecho	De - Para	Extensão (Km)	Diâmetro (mm)	Material	Custo Unitário (US\$/Km)	Custo do Trecho (US\$)	Custo do Trecho (R\$)
1	Saída do túnel - Bifurcação	7,00	500	FoFo K-7	176.402	1.234.816,66	2.222.669,99
2	Bifurcação - Ipueiras	3,00	400	FoFo K-7	130.542	391.624,89	704.924,80
3	Ipueiras - Eng João Tomé	11,10	350	FoFo K-7	110.309	1.224.433,67	2.203.980,61
4	Eng João Tomé - Nova Russas	26,00	350	FoFo K-7	110.309	2.868.042,84	5.162.477,11
5	Bifurcação - Derivação p/ Livramento	20,00	350	FoFo K-7	110.309	2.206.186,80	3.971.136,24
6	Derivação p/ Livramento -	6,00	300	FoFo K-7	91.884	551.305,32	992.349,58
7	Ararendá - Ipaporanga	30,00	300	FoFo K-7	91.884	2.756.526,60	4.961.747,88
<b>Total</b>		<b>103,10</b>	-	-	-	<b>11.232.936,78</b>	<b>20.219.286,21</b>
<b>Eventuais (10%)</b>						<b>1.123.293,68</b>	<b>2.021.928,62</b>
<b>Consultoria, Projetos e Supervisão (5%)</b>						<b>561.646,84</b>	<b>1.010.964,31</b>
<b>Total Geral</b>						<b>12.917.877,30</b>	<b>23.252.179,14</b>

## 5.5. USINA HIDRELÉTRICA DE IPUEIRAS

### 5.5.1. Generalidades e Condicionantes de Projeto

O sistema de reservatórios formado pelos açudes Inhuçu – Lontras permite a regularização de uma vazão firme de até 4,00 m<sup>3</sup>/s, que atenderá às demandas dos municípios de Croatá, Ipueiras, Nova Russas, Ararendá e Ipaporanga e às áreas potenciais de irrigação do baixo e médio Acaraú. A transposição de águas da bacia do Poti para a bacia do Acaraú ocorre através de uma acentuada queda topográfica permitindo a geração de energia elétrica através da instalação de uma pequena central hidrelétrica (UHE) numa cota favorável para atendimento às diversas demandas.

A construção da UHE só será possível através da construção de um túnel saindo do açude Lontras, com 18 Km de extensão desde a bacia hidráulica do açude até a caixa de transição túnel- penstock de alimentação da UHE.

O açude Lontras tem nível máximo operacional na cota 525,00 e nível mínimo na cota 505,00. Em função da necessidade de se garantir uma operação adequada ao sistema, levando-se em conta as prioridades da futura gestão das águas do reservatório em períodos de prolongado déficit hídrico, decidiu-se estabelecer a cota de captação do túnel no reservatório como sendo a cota 510,00 m.

O túnel se inicia na margem esquerda do açude Lontras, que recebe a água regularizada pelo açude Inhuçu, desenvolvendo-se no sentido oeste-leste, permitindo atravessar cotas de cumeada de até 860,00 m, transportando a vazão regularizada de 4,00 m<sup>3</sup>/s sob conduto forçado com cerca de 2,70 m de diâmetro. A saída do túnel se dá na cota 500,72 m, constituindo-se numa caixa de transição para a tubulação em conduto forçado de alimentação das turbinas (penstock) que desce a serra através de duas tubulações em aço DN 1200 mm, chapa de 9/16”, com extensão de 1.700 m e vazão de 2,00 m<sup>3</sup>/s por tubulação.

O desnível topográfico entre o nível d'água na saída do túnel e o nível d'água de jusante do canal de fuga da casa de força é de cerca de 180,72 m, correspondendo à cota 320,00 m para o nível d'água máximo no canal de jusante da casa de força.

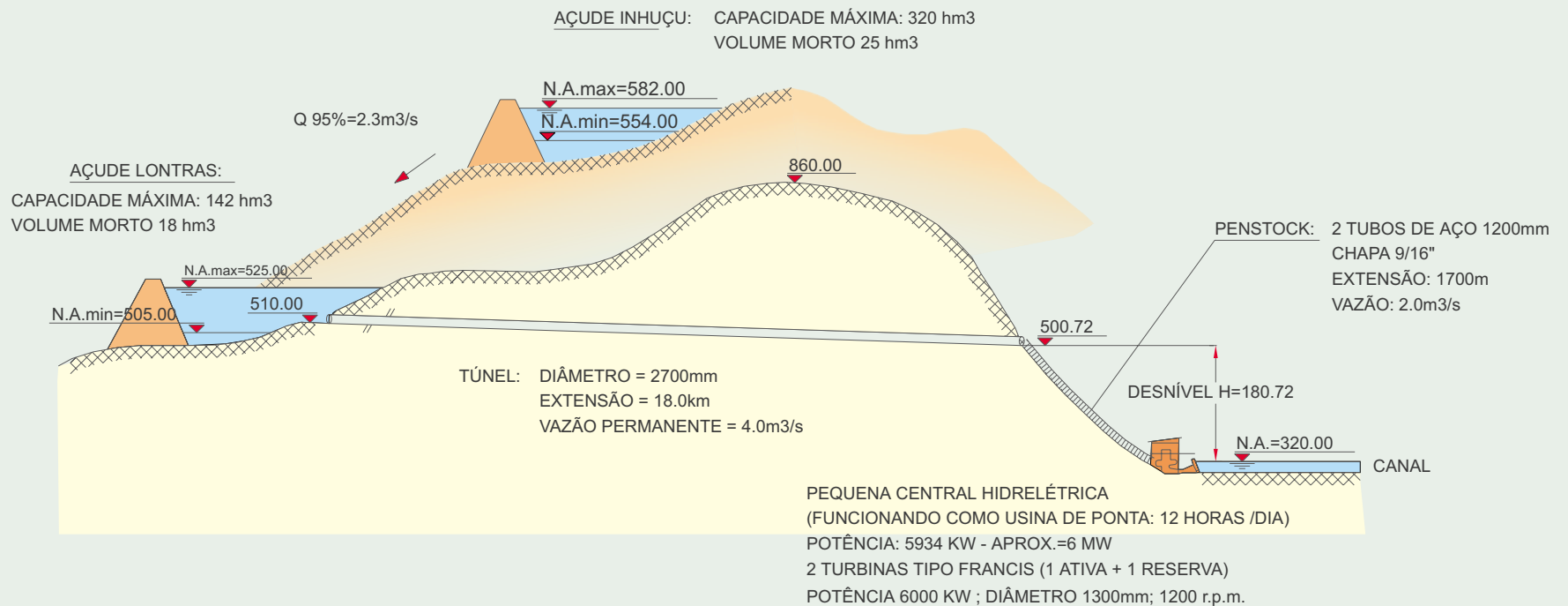
O tipo de turbina indicada para geração de energia é a do tipo Francis, devido às características topográficas da queda disponível. Não é possível o emprego de turbinas de reação do tipo Kaplan para baixa queda, nem turbinas de ação do tipo Pelton, as quais só

devem ser empregadas em quedas superiores a 300 m. O pré-dimensionamento do sistema indica a necessidade de se empregar duas turbinas do tipo Francis, sendo uma ativa e outra reserva com operação alternada, tendo potência unitária de 6.000 KW, diâmetro de 1.300 mm e rotação de 1200 RPM.

A capacidade de geração do sistema é baixa, devido a vazão permanente ser de apenas 4,00 m<sup>3</sup>/s, resultando numa potência produzida de cerca de 6 MW.

A Figura 5.11, a seguir, mostra o perfil do Sistema Inhuçu-Lontras e Hidrelétrica de Ipueiras.

**Figura 5.11 - Perfil do Sistema Inhuçu-Lontras e Hidrelétrica**



## 5.5.2. Memorial de Cálculo das Unidades

### 5.5.2.1. Pré-dimensionamento do Túnel

O túnel foi calculado como conduto forçado com baixa velocidade para se reduzir a perda de carga entre a entrada do túnel na bacia hidráulica do açude Lontras, e a caixa de transição na saída do mesmo para a entrada do penstock da UHE, de forma a se maximizar a altura de queda disponível para geração de energia.

A alimentação do túnel é permanentemente afogada garantindo o regime de escoamento sob pressão. Comportas de controle na entrada e saída do túnel e um sistema eletrônico de medição de vazão deverão garantir a regulagem da vazão de alimentação da hidrelétrica dentro dos limites estabelecidos pela gestão integrada do sistema.

As perdas de carga no túnel foram calculadas pelo emprego da Equação de Manning adotando-se um valor elevado para o coeficiente **n**, considerado aqui como sendo 0,025, partindo-se do princípio que poderá ser estudada durante a elaboração do Projeto Básico a possibilidade de se revestir ou não o túnel dependendo das condições geológicas locais e das condições operacionais da UHE. A adoção deste coeficiente superestima as perdas no caso de se revestir o túnel com concreto e se apresenta como adequado no caso de se manter o túnel sem revestimento em rocha sã escavada.

A Equação de Manning se apresenta da forma:

$$V = \frac{1 \times R_h^{2/3} \sqrt{I}}{n}$$

sendo V = velocidade em m/s;

$R_h$  = raio hidráulico, no caso  $R_h = 0,25D$ , sendo D o diâmetro do túnel em m;

I = perda de carga unitária (m/m);

n = coeficiente de Manning.

Em função das diversas possibilidades estudadas para construção do túnel, incluindo o emprego de seção tipo ferradura, decidiu-se estimar seus custos a nível de viabilidade pela consideração do emprego de uma seção circular de diâmetro 2,7 m, velocidade de 0,70 m/s e

perda de carga unitária de 0,00051518 m/m. Dessa forma, para uma extensão de 18 Km de túnel, a perda de carga total seria de:

$$H = J * L = 0,00051518 \text{ m/m} * 18.000 \text{ m} = 9,273 \text{ mca}$$

Logo a cota de saída do túnel será  $510,00 - 9,273 = 500,726 \text{ m}$ .

### 5.5.2.2. Pré-dimensionamento do Penstock

Em função das características topográficas e das condições de atendimento às demais demandas, foi fixada a cota 320,00 m para o nível d'água de jusante do canal de fuga da casa de força. O comprimento desenvolvido da tubulação do penstock é de 1.709,57 m e o desnível geométrico é de 180,726m.

Admitindo que a vazão de 4,00 m<sup>3</sup>/s se distribua entre duas tubulações de aço carbono, providência esta que é recomendável para se prevenir o completo colapso do abastecimento quando houver necessidade de manutenção ou reparos na tubulação do penstock, a vazão máxima será de 2,00 m<sup>3</sup>/s por tubulação.

Fixando-se o diâmetro de 1200 mm, a perda de carga unitária calculada pela fórmula de Hazen-Williams será:

$$J = \frac{10,641 \times 2,00^{1,85}}{130^{1,85} \times 1,2^{4,87}} = 0,00193856 \text{ m/m}$$

A perda de carga total será então de 3,645 mca, consideradas algumas perdas de carga localizadas na chaminé de equilíbrio e equipamentos de controle do sistema.

A chapa de aço carbono foi calculada tomando-se por base um acréscimo de 31% na carga estática disponível em função do transiente hidráulico no sistema, por conta da rejeição da carga pelas turbinas nos momentos de paralisação da operação da UHE.

A carga dinâmica assim calculada é de cerca de 22,918 kgf/cm<sup>2</sup>, o que resulta numa espessura de chapa de:

$$e(\text{cm}) = \frac{22,918 \times 120}{2 \times 1000} = 1,375 \text{ cm}$$

ou 13,75 mm, equivalendo a uma chapa de 9/16 mm.

### 5.5.2.3. Pré-dimensionamento da Turbina

A potência efetiva gerada pela hidrelétrica é calculada pela equação:

$$P_e = 9,81 \times \eta \times Q \times H_l$$

onde:  $P_e$  = potência líquida em KW;

$\eta$  = rendimento do conjunto gerador/turbina;

$Q$  = vazão passando na turbina ( $m^3/s$ );

$H_l$  = altura líquida de queda

Considerando-se valores normais para os rendimentos das turbinas tipo Francis ( $\eta=0,90$ ) e dos geradores ( $\eta=0,95$ ), o rendimento global do conjunto é de 0,855. A altura de queda líquida é computada pela diferença entre a carga disponível e as perdas existentes no sistema de adução, daí  $H_l = 180,726 - 3,7 = 177,026$  m.

Assim a potência gerada será de:

$$P_e = 9,81 \times 0,855 \times 177,026 \times 4,00 = 5934 \text{ KW ou } 5,9 \text{ MW}$$

Caso a hidrelétrica opere somente nos momentos de pico de consumo, a produção anual de energia será da ordem de 26.000 MWh/ano, e caso ela seja operada intermitentemente, a produção poderia ser dobrada alcançando cerca de 52.000 MWh/ano.

A produção potencial é entretanto dada pela equação:

$$E = \frac{V_{disp} \times H_l}{455}$$

sendo:  $E$  = energia elétrica potencial disponível em KWh;

$V_{disp}$  = volume de água disponível no reservatório, descontado o volume morto em  $m^3$ ;

$H_l$  = altura líquida disponível.

Assim:



$$E = \frac{1 \times 124.000.000 \times 177,026}{455} = 48.244.448,35 Kwh$$

ou cerca de 48.244 MWh/ano.

Adotando-se turbinas tipo Francis para quedas entre 20 a 600 m, a rotação específica  $n_s$  será dada por:

$$n_s = \frac{2200}{\sqrt{H}} = \frac{2200}{\sqrt{180,72}} = 163,65$$

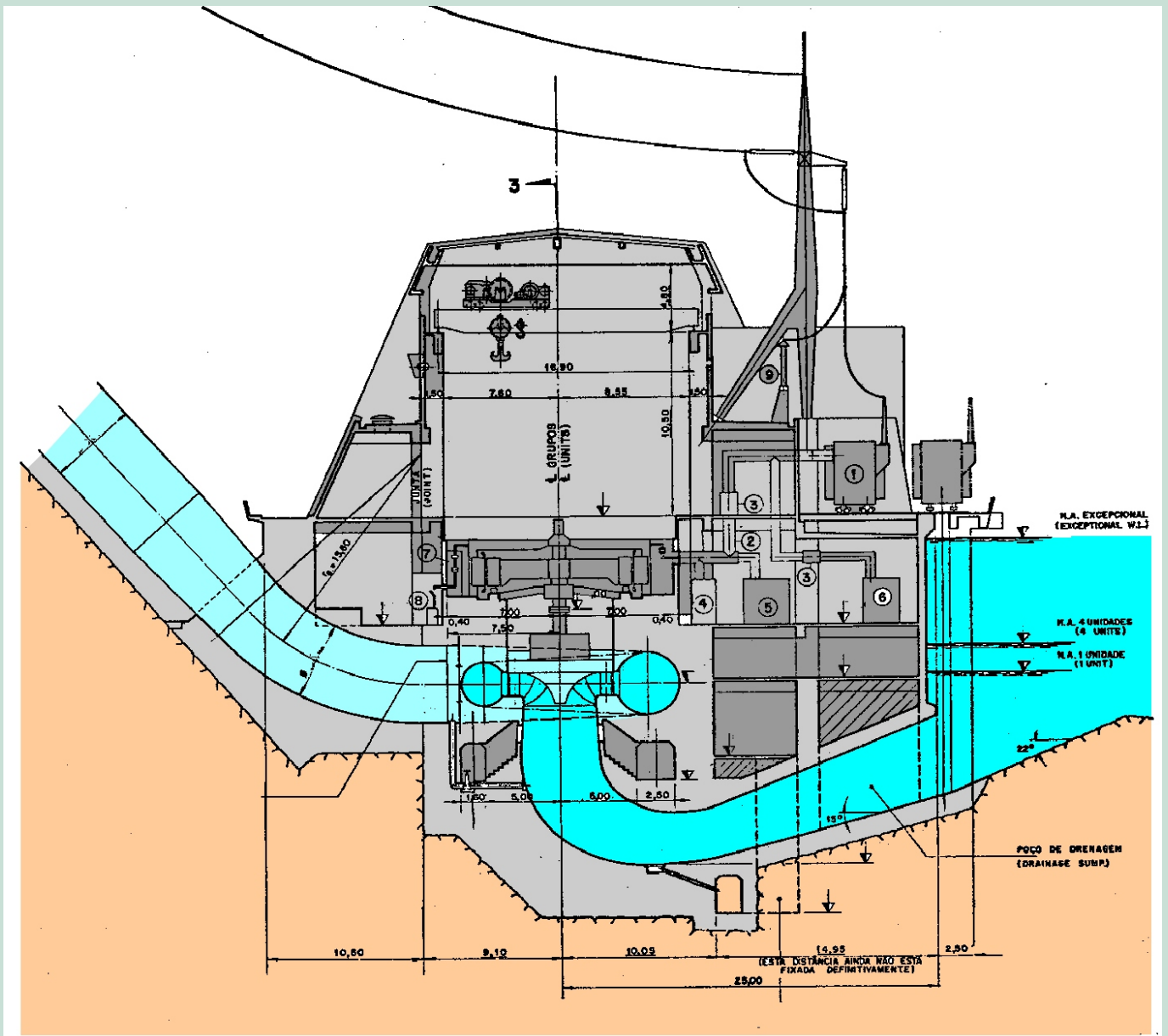
O diâmetro da turbina seria dado por:

$$D = 39,56 \times n_s^{-0,67095} = 39,56 \times (163,65)^{-0,67095} = 1,29m$$

Portanto seriam empregadas turbinas Francis com diâmetro de 1300 mm, 1200 RPM potência unitária de 6000 KW. A Figura 5.12, a seguir, apresenta o esquema da turbina de geração de energia elétrica tipo Francis.

Os custos estimados para a hidrelétrica de Ipueiras estão apresentados no Quadro 5.22 a seguir.

Figura 5.12 - Esquema da Turbina de Geração Elétrica





MONTGOMERY WATSON

**Quadro 5.22: Custos da Pequena Central Hidrelétrica Incluindo o Túnel**

Item	Custo em R\$	Custo em US\$
<b>1- Central Hidrelétrica</b>		
1.1 Conjuntos Turbinas	4.716.411,43	2.620.228,57
1.2 Obras Civas e Urbanismo da Casa de Força	1.914.037,25	1.063.354,03
1.3 Equipamentos Elétricos de Geração (conjunto de geradores)	933.942,85	518.857,14
1.4 Equipamentos Diversos	744.129,72	413.405,40
1.5 Subestações	700.457,13	389.142,85
<b>Sub-Total PCH (Pequena Central Hidrelétrica)</b>	<b>9.008.978,38</b>	<b>5.004.987,99</b>
<b>2- Equipamentos de Adução (Penstock)</b>		
2.1 Adutora Dupla Aço DN 1200mm, L= 1,7 Km, esp = 9/16" , incluindo, montagem, acessórios, equipamentos e proteções	4.350.481,20	2.416.934,00
<b>Sub-Total Equipamento de Adução</b>	<b>4.350.481,20</b>	<b>2.416.934,00</b>
<b>3- Túnel de Condução para a PCH</b>		
3.1 Túnel de 2,7 m de Diâmetro, L= 18 Km, desde o Açude Lontras	23.976.000,00	13.320.000,00
<b>Sub-Total do Túnel de Transferência</b>	<b>23.976.000,00</b>	<b>13.320.000,00</b>
<b>4- Linhas de Transmissão para Intercalação com o Sistema Elétrico Regional</b>		
4.1 Linha de Transmissão Cabos 1/0 AWG c/ Torres de Concreto	1.568.880,00	871.600,00
<b>Sub-Total das Linhas de Transmissão</b>	<b>1.568.880,00</b>	<b>871.600,00</b>
<b>Total</b>	<b>38.904.339,58</b>	<b>21.613.521,99</b>
<b>Eventuais (10%)</b>	<b>3.890.433,96</b>	<b>2.161.352,20</b>
<b>Consultoria, Projetos e Supervisão (5%)</b>	<b>1.945.216,98</b>	<b>1.080.676,10</b>
<b>Total Geral</b>	<b>44.739.990,52</b>	<b>24.855.550,29</b>

## **5.6. CUSTO DAS DEMAIS OBRAS DE ATENDIMENTO ÀS DEMANDAS NAS BACIAS ESTUDADAS**

As obras apresentadas neste item são aquelas que devido sua menor importância ou devido já terem sido objeto de estudos anteriores, o pré-dimensionamento e estimativa de custo foram elaborados de forma mais simplificada.

### **5.6.1. Estimativa de Custos do Sistema de Adução e Distribuição dos Açudes Paula Pessoa e Frecheirinha para respectivas Demandas**

Tanto o açude Paula Pessoa como o açude Frecheirinha já foram objetos de estudos anteriores pelo DNOCS, com projetos executivos já elaborados. O açude Paula Pessoa tem por objetivo principal, tanto em projetos anteriores como neste, promover o suprimento hídrico à 1.750 ha da mancha de solos de Granja. Já o açude Frecheirinha foi estudado para suprir as demandas da mancha de solos de Frecheirinha e o próprio município.

A estimativa de custos para ambas obras de adução foram elaboradas tendo como base o Programa Estadual de Irrigação (PROINE/SRH), de 1988. Neste trabalho há a discriminação dos investimentos necessários, tendo sido feito a atualização dos preços de acordo com a variação do dólar no período. Dessa forma, chegou-se a conclusão que o sistema de adução e distribuição do aç. Paula Pessoa para a mancha de solos de Granja custa R\$ 12.001.500,00 (doze milhões e um mil e quinhentos reais), enquanto que o sistema de adução e distribuição do aç. Frecheirinha para a mancha de solos de Frecheirinha e sede do município custa o valor de R\$ 7.818.120,00 (sete milhões e oitocentos e dezoito mil e cento e vinte reais).

### **5.6.2. Adutora de Nova Russas - Alternativa 2**

Esta obra de adução da Alternativa 2 - Adutora de Nova Russas transfere água do Canal Norte para o aç. Farias de Souza localizado neste município, o qual de acordo com o balanço hídrico para o ano 2030 apresentará sérios déficits hídricos.

A estimativa de custos seguiu a mesma metodologia descrita no item 5.4 para a Adutora de Ararendá/Ipaporanga/Nova Russas, tendo sido dimensionada aqui para uma vazão de 150 l/s. O Quadro 5.23 a seguir apresenta o resultado para a estimativa de custos.

**Quadro 5.23: Custos da Adutora de Nova Russas - Alternativa 2**

De - Para	Extensão (Km)	Diâmetro (mm)	Material	Custo Unitário (US\$/Km)	Custo do Trecho (US\$)	Custo do Trecho (R\$)
Canal Norte - Aç. Farias de Souza	30,50	350	FoFo K-7	110.309	3.364.435,00	6.055.983,00
<b>Total</b>	<b>30,50</b>	-	-	-	<b>3.364.435,00</b>	<b>6.055.983,00</b>
Eventuais (10%)					336.443,00	605.598,00
Consultoria, Projetos e Supervisão (5%)					168.222,00	302.799,00
<b>Total Geral</b>					<b>3.869.100,00</b>	<b>6.964.380,00</b>

### 5.6.3. Demais obras das Alternativas Localizadas

As obras das alternativas localizadas não foram estudadas detalhadamente por este projeto, uma vez que não fazem parte do eixo de integração da Ibiapaba. No entanto, apresenta-se neste item os custos estimativos dos barramentos propostos, baseados em estudos já desenvolvidos anteriormente.

Para os açudes Pejuaba e Arabê, a estimativa de custos baseou-se em estudo elaborado pela CEPA/SIRAC "Plano de Valorização Hidroagrícola em Vales do Carrasco da Ibiapaba", os quais foram atualizados para preços de hoje.

O custo dos açudes Alto Poti e Carmina têm como base o trabalho elaborado pela GHG para o PROURB, enquanto que para o açude Jurema seu custo foi estimado de acordo com o levantamento de campo de seu boqueirão realizado por esta consultora.

Já para os açudes Pedregulho e Poço Comprido, localizados no município de Santa Quitéria, seus custos tiveram como fonte o "Estudo de Viabilidade Técnico Econômico do Baixo Acaraú (DNOCS, 1987)". Os valores, originalmente em dólares, não foram corrigidos pela inflação americana dos últimos 13 anos, tendo sido utilizada a taxa de câmbio US\$ 1,00 = R\$ 2,00.

O quadro 5.24 apresenta os custos das obras das alternativas localizadas propostas para as bacias do Acaraú, Coreau e Poti.

**Quadro 5.24: Custo das Obras da Infra-estrutura Proposta para as Alternativas Localizadas para as bacias do Acaraú, Coreaú e Poti**

Bacia Hidrográfica	Alternativa de Atendimento	Dimensão	Demanda a ser Suprida	Custo (R\$)
Acaraú	Aç. Carmina	9,0 hm <sup>3</sup>	Catunda	2.911.000,00
	Aç. Pedregulho	78,60 hm <sup>3</sup>	Mancha de Solos em Santa Quitéria	11.336.000,00
	Aç. Poço Comprido	360,00 hm <sup>3</sup>	Mancha de Solos em Santa Quitéria	45.364.000,00
Coreaú	Aç. Jurema	20,0 hm <sup>3</sup>	Mancha de Solos Parazinho	3.500.000,00
Poti	Aç. Alto Poti	20,0 hm <sup>3</sup>	Quiterianópolis	2.500.000,00
	Aç. Arabê	7,4 hm <sup>3</sup>	Mancha de Solos do Vale do Arabê	1.900.000,00
	Aç. Pejuaba	7,0 hm <sup>3</sup>	Mancha de Solos do Vale do Pejuaba	1.260.000,00



MONTGOMERY WATSON



## **6. ANÁLISE AMBIENTAL E SOCIAL DAS ALTERNATIVAS**

---

## 6. ANÁLISE AMBIENTAL E SOCIAL DAS ALTERNATIVAS

### 6.1. GENERALIDADES

Objetivando subsidiar a tomada de decisão com relação a seleção da melhor alternativa sob o ponto de vista ambiental e social, foi efetuada uma análise comparativa entre os sistemas hidráulicos propostos em cada alternativa do Eixo de Integração da Ibiapaba, ou seja:

- Alternativa 1: composta por cinco obras de reservação representadas pelo açude Fronteiras (950hm<sup>3</sup>), Lontras (142,0hm<sup>3</sup>), Inhuçu (325,0hm<sup>3</sup>), Frecheirinha (85,0 hm<sup>3</sup>) e Paula Pessoa (167,0 hm<sup>3</sup>) e pelas obras de adução Canal Norte (212,7 km) e Túnel/Hidrelétrica;
- Alternativa 2: apresenta a mesma composição de obras de reservação da Alternativa 1, contando entre as obras de adução com o Canal Norte(99,8 km), Canal Poti Sul (27,0 km), Túnel/Hidroelétrica, Adutora do aç. Jaburu I e Adutora de Nova Russas;
- Alternativa 3: apresenta a mesma composição de obras de reservação da Alternativa 1, contando entre as obras de adução com o Canal Poti Sul (107,7 km), Túnel/Hidrelétrica, Adutora do aç. Jaburu I e Adutora Ararendá /Ipaporanga/Nova Russas.

O açude Taquara (278,8 hm<sup>3</sup>) foi considerado neste estudo como reservatório estratégico para o incremento da disponibilidade para irrigação no médio e baixo Acaraú, por isso foi tratado como reservatório a ser implantado qualquer que seja a alternativa para o Eixo de Integração. Devido seu projeto executivo está em fase de conclusão, os impactos ambientais e sociais desta obra já foram estudados em níveis mais detalhados, por isso não ter sido incluído na análise ambiental aqui elaborada.

As análises empreendidas tiveram como base o Diagnóstico Geoambiental e Sócio-econômico elaborado para a área das alternativas, cujo conteúdo é apresentado no Volume 6 - Estudos Ambientais. Concluída as análises, foram definidas medidas visando a mitigação dos principais impactos associados às obras propostas, sendo as mais relevantes orçadas a fim de subsidiar a Análise Econômica das Alternativas.



## 6.2. METODOLOGIA ADOTADA

A metodologia empregada para quantificar a hierarquização dos impactos ambientais e sociais das diferentes alternativas propostas adota o uso de pontuação relativa diferenciada para cada um dos fatores ambientais e sociais mais relevantes nas áreas dos empreendimentos, os quais compõem as matrizes de avaliação. A estes fatores são atribuídos pesos de acordo com a sua importância, os quais corresponderão à pontuação máxima para cada fator, cujo somatório atinge 20 pontos para o aspecto ambiental e 15 pontos para o aspecto social. Em seguida é efetuada a pontuação específica dos fatores de cada alternativa, seguindo critérios que serão discriminados posteriormente.

O somatório dos pesos dos fatores determina o potencial de cada alternativa alterar os meios natural e sócio-econômico. Quanto mais baixo o escore mais negativos os impactos ambientais e sociais da alternativa.

A seleção dos fatores ambientais e sociais que integram as matrizes de avaliação teve como base o Diagnóstico Geoambiental e Sócio-econômico das áreas das alternativas, tendo para tanto sido realizados levantamentos de campo a nível de reconhecimento, bem como pesquisa de dados secundários. No caso específico dos canais e adutoras, os levantamentos efetuados se restringiram a pesquisa de dados secundários. A caracterização das áreas das bacias hidráulicas dos barramentos propostos e das áreas dos sistemas adutores é apresentada no Volume 6 - Estudos Ambientais.

Assim sendo, os impactos ambientais associados a cada alternativa serão quantificados através de um sistema de ranking com base nos fatores abaixo discriminados:

- **Áreas de Preservação Ambiental**

A presença na área do estudo de unidades de conservação ambiental induz a inclusão deste item na análise, visto que a APA da Serra da Ibiapaba e a Reserva Serra das Almas apresentam riscos de serem afetadas pelas obras de transposição. Em razão da importância da preservação destas áreas de conservação ambiental, o peso para este fator foi estabelecido como 5.

A avaliação deste critério levou em consideração a extensão da área afetada pelas obras em relação a área total da unidade de conservação e o número de unidades de conservação atingidas, tendo adotado o seguinte método:

i) A pontuação de acordo com a representatividade da área afetada se deu da seguinte forma:

ÁREA AFETADA/ ÁREA TOTAL	PONTUAÇÃO UNITÁRIA
Sem Interferência	5
< 20%	4
20 - 40%	3
40 - 60%	2
60 - 80%	1
> 80%	0

ii) Calcula-se a pontuação final de cada alternativa pela média ponderada da pontuação unitária das unidades de conservação atingidas.

- **Importação de Doenças de Veiculação ou Origem Hídrica**

Doenças graves como esquistossomose, hepatite e a cólera, bem como outras menos graves, podem se propagar a partir da derivação d'água dos reservatórios. Na região englobada pelas possíveis áreas de abrangência das transposições, a hepatite é endêmica nos municípios de Crateús, Novo Oriente, Ubajara, Ipueiras, Nova Russas, Ipu, Tianguá, Croatá e Granja. Como as alternativas contemplam a transposição de escoamentos, os riscos de propagação de fatores nocivos a saúde da população entre as bacias hidrográficas apresenta-se elevado, razão pela qual o peso adotado para esta categoria também foi 5.

A avaliação deste critério se deu de acordo com o tipo de infra-estrutura e o número de áreas interceptadas ou englobadas por estas, que apresentam focos de doenças de veiculação hídrica com mais de 10 casos registrados nos últimos anos em cada alternativa, adotando-se o seguinte método:

i) A pontuação de acordo com o tipo de infra-estrutura se deu da seguinte forma:

TIPO DE INFRA-ESTRUTURA	PONTUAÇÃO UNITÁRIA
Aduutora	0
Canal	1
Túnel	1
Reservatório	2

Caso a infra-estrutura de adução analisada esteja toda inclusa dentro do território de uma área-foco, não havendo derivação d'água para outras bacias ou municípios, a sua pontuação unitária deverá ser 0(zero).

ii) Calcula-se a pontuação total de cada alternativa pelo somatório da composição da pontuação unitária versus o número de áreas-foco interceptada por cada infra-estrutura.

iii) A alternativa que obtiver pontuação máxima terá pontuação 0 (zero), enquanto que a alternativa que obtiver pontuação mínima terá nota 5 (cinco). A alternativa de pontuação intermediária terá sua nota calculada por interpolação entre os valores máximo e mínimo.

#### • Incremento a Poluição Hídrica

A maior oferta de água propicia o aumento das áreas agrícolas irrigadas, induzindo através do crescimento populacional e industrial, o aumento da demanda dos produtos agropecuários. Como consequência incrementa-se a utilização de agrotóxicos, que por escoamento superficial, percolação ou lixívia são carreados para os cursos d'água ou permanecem no solo. Além disso, a presença de núcleos urbanos posicionados imediatamente a montante dos reservatórios propostos pode induzir a poluição das águas represadas por efluentes sanitários. A poluição hídrica poderá ser controlada a partir do tratamento dos efluentes e pela adoção de práticas conservacionistas na agricultura. Levando em consideração estes fatores o peso foi estabelecido como sendo 3, para esta categoria.

A avaliação deste critério levou em conta o fato da poluição hídrica por agrotóxicos ter correlação direta com a área irrigada, tendo maior probabilidade de ocorrência a medida que aumenta a área. Assim sendo, foi considerada a extensão de área irrigada em cada alternativa com base na sua probabilidade de viabilização, ou seja, se estas já contam com estudos ou não, tendo sido adotado o seguinte método:

i) A classificação das áreas a serem irrigadas de acordo com o nível de estudos ou probabilidade de viabilização e a sua extensão territorial, apresenta a seguinte pontuação:

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS POTENCIAIS DE IRRIGAÇÃO	PONTUAÇÃO		
	< 5.000	5.000 - 10.000	> 10.000
Em estudo pela SEAGRI	2	3	5
Com algum tipo de estudo (viabilidade ou executivo)	1	2	3
Sem nenhum tipo de estudo	0	1	2

Ressalta-se que as áreas atualmente em estudo pela SEAGRI apresentam maior probabilidade de implementação, aparecendo em seguida as áreas que contam com projetos executivos ou estudos de viabilidade já elaborados.

ii) A pontuação de cada alternativa no quesito poluição por agrotóxicos será dada pelo somatório das notas obtidas pelos diferentes tipos de área.

iii) Quanto a poluição por efluentes sanitários foi considerado o número de domicílios não atendidos por solução individual ou coletiva de esgotamento sanitário nos núcleos urbanos situados a retaguarda dos açudes em cada alternativa, tendo sido atribuída a seguinte pontuação:

NÚMERO DE DOMICÍLIOS NÃO SERVIDOS COM SANEAMENTO BÁSICO	PONTUAÇÃO
< 3.000	2
3.000 - 6.000	3
6.000 - 9.000	4
> 9.000	5

iv) A pontuação de cada alternativa no quesito poluição por efluentes sanitários será dada pelo somatório das notas atribuídas a cada núcleo urbano.

v) A pontuação total de cada alternativa será dada pelo somatório das notas dos quesitos poluição por agrotóxicos e poluição por efluentes sanitários.

vi) A alternativa que obtiver a pontuação máxima terá nota 0(zero), enquanto que a alternativa que obtiver pontuação mínima terá nota 5(cinco). A alternativa de pontuação intermediária terá sua nota calculada por interpolação entre os valores máximo e mínimo.

#### • Salinização dos Reservatórios

A localização dos açudes propostos numa região semi-árida, onde os índices de evaporação apresentam-se bastante elevados, aliado a ausência ou degradação da faixa de vegetação exigida pela legislação ambiental vigente, a qual serve de filtro contra o aporte de sedimentos e agrotóxicos, já implica em riscos de salinização das águas aí represadas. Nos territórios das bacias do Coreaú e do Poti, estes riscos tornam-se, ainda, mais significativos dado a localização de alguns açudes em áreas onde predominam solos com elevados teores de sódio nos horizontes subsuperficiais. Este problema poderá ser contornado através da adoção de técnicas de manejo do reservatório, sendo estabelecido o peso de 3 para esta categoria.

A avaliação deste critério levou em conta a presença de solos com elevados teores de sais nos horizontes subsuperficiais (Planossolos Solódicos e Solonetz Solodizados) na bacia de contribuição dos reservatórios propostos e a sua repercussão sobre a qualidade da água aduzida e sobre os solos irrigados, tendo adotado o seguinte método:

i) A pontuação atribuída aos reservatórios com base na presença de solos salinos na bacia de contribuição se deu da seguinte forma:

SOLOS SALINOS	PONTUAÇÃO
Ausentes ou manchas com pequena extensão territorial	0
Manchas com média extensão territorial	3
Manchas com grande extensão territorial	5

ii) A nota de cada alternativa será o somatório das notas dos reservatórios de acordo com a tabela apresentada anteriormente.

iii) Para os açudes que apresentam riscos de salinização foi considerada, ainda, a possibilidade de diluição das águas aí captadas, através da mistura com a água proveniente de outros reservatórios que não apresentem este problema, reduzindo os teores de sais antes do seu fornecimento para irrigação. A repercussão da diluição da água em cada alternativa

teve como base a quantidade de solos irrigados exclusivamente com água salina, apresentando a seguinte pontuação:

ÁREA IRRIGADA COM RISCOS DE SALINIZAÇÃO (ha)	PONTUAÇÃO
< 14.000	0
14.000 - 18.000	3
> 18.000	5

iv) A pontuação total de cada alternativa será dada pelo somatório das notas obtidas nos itens ii e iii.

v) A alternativa que obtiver a pontuação máxima terá nota 0(zero), enquanto que a alternativa que obtiver pontuação mínima terá nota 5(cinco). A alternativa de pontuação intermediária terá sua nota calculada por interpolação entre os valores máximo e mínimo.

- **Danos a Fauna e a Flora**

Os desmatamentos executados nas áreas das obras de engenharia provocarão a erradicação da cobertura vegetal nas áreas das bacias hidráulicas dos reservatórios e das faixas de domínio dos canais, resultando portanto em perdas relativamente significativas no patrimônio florístico. Haverá destruição do habitat da fauna, podendo vir a provocar extinção de algumas espécies. O peso de 2 para esta categoria foi determinado em função da possibilidade de extinção de espécies endêmicas da região.

A avaliação deste critério levou em consideração a extensão da área a ser desmatada para implantação das obras de reservação e adução em cada alternativa, tendo-se adotado o seguinte método:

h) A pontuação de acordo com o tipo de infra-estrutura e extensão da área afetada se deu da seguinte forma:

TIPO DE INFRA-ESTRUTURA/ ÁREA AFETADA	PONTUAÇÃO
RESERVATÓRIOS	
< 2000 ha	2
2000 - 5000 ha	3
> 5000 ha	5
CANAIS, ADUTORAS, TÚNEIS	
< 400 ha	2
400 - 600 ha	3
> 600 ha	5

ii) Calcula-se a pontuação total de cada alternativa pelo somatório da composição da pontuação unitária de cada infra-estrutura.

iii) A alternativa que obtiver a pontuação máxima terá nota 0 (zero), enquanto que a alternativa que obtiver pontuação mínima terá nota 5 (cinco). A alternativa de pontuação intermediária terá sua nota calculada por interpolação entre os valores máximo e mínimo.

- **Impactos Hidromorfológicos**

Os canais propostos interceptam diversos cursos d'água, estando posicionados próximos às cabeceiras da rede de drenagem, no sopé de uma região com relevo fortemente ondulado a montanhoso, o que pode resultar no desencadeamento de processos erosivos acelerados pelas fortes enxurradas, com comprometimento da própria integridade do empreendimento e das áreas situadas nas suas imediações. Assim sendo, quanto maior for o número de intersecções dos canais com a rede de drenagem maiores serão os riscos de desenvolvimento de processos erosivos. A adoção de sistemas de drenagem, bem como implementação de proteção dos taludes dos canais mais reforçadas nestes pontos contribuirão para mitigação deste problema. O peso para esta categoria foi estabelecido como sendo 2.

A avaliação deste critério considerou o fato do número de intersecções dos canais com a rede de drenagem natural apresentar uma correlação direta com os riscos de desencadeamento de processos erosivos, tendo-se adotado a seguinte pontuação:

NÚMERO DE INTERSECÇÕES	PONTUAÇÃO
< 30	5
30 - 45	4
45 - 60	3
60 - 75	2
75 - 90	1
> 90	0

Os patrimônios Arqueológico, Paleontológico e Espeleológico não foram considerados entre os fatores a serem analisados, devido às estruturas hidráulicas previstas nas três alternativas não estarem localizadas próximas a ocorrências identificadas, tombadas ou em processo de tombamento pelos órgãos competentes. Com efeito, as principais ocorrências arqueológicas localizam-se nos municípios de Sobral, Tamboril, Coreaú, Reriutaba, Granja e Chaval, enquanto que os principais sítios paleontológicos foram detectados nos municípios de Sobral e Ubajara. Quanto ao patrimônio espeleológico, existem cavernas na encosta leste da Serra da Ibiapaba, principalmente na área de Ubajara, o que indica uma tendência geológica da região para a formação de cavernas. Ressalta-se, no entanto, a importância da execução de levantamentos arqueológicos, paleontológicos e espeleológicos detalhados durante a elaboração do projeto final da alternativa que for selecionada.

Apresenta-se a seguir a matriz de avaliação dos impactos ambientais que será adotada na análise das alternativas propostas.



FATORES	PESOS POR FATOR	PONTUAÇÃO ESPECÍFICA					
		ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3	
		ABSOLUTA	RELATIVA	ABSOLUTA	RELATIVA	ABSOLUTA	RELATIVA
Impactos Negativos sobre Áreas de Preservação Ambiental	5						
Proliferação de Doenças de Veiculação Hídrica	5						
Incremento a Poluição Hídrica	3						
Possibilidade de Salinização dos Reservatórios	3						
Efeitos Negativos sobre a Flora e a Fauna	2						
Impactos Hidromorfológicos	2						
<b>PESO ASPECTO AMBIENTAL</b>	<b>20</b>						

Na valoração dos impactos sociais pertinentes a cada alternativa o sistema de ranking teve como base os fatores abaixo discriminados:

- **Necessidade de Reassentamento da População**

A implantação de projetos hidráulicos, principalmente reservatórios, encontra-se geralmente associada a mobilização de grandes contingentes populacionais podendo em alguns casos ser necessário a relocação de pequenos núcleos urbanos. O peso atribuído para este fator foi 2.

A avaliação deste critério considerou apenas o contingente populacional desalojado das áreas das bacias hidráulicas dos reservatórios propostos, já que as obras de captação e adução implicam quase sempre em impactos pouco significativos no que se refere a este fator, tendo-se adotado o método abaixo discriminado:

- i) A pontuação de acordo com a representatividade da população desalojada por reservatório se deu da seguinte forma:

POPULAÇÃO DESALOJADA (hab)	PONTUAÇÃO
< 300	1
300 - 600	2
600 - 900	3
900 - 1200	4
> 1200	5

ii) Para os reservatórios cuja implementação requer a relocação de núcleos urbanos será acrescido 2(dois) pontos na nota anterior para cada povoado com população superior a 600 habitantes. Os povoados com população inferior a 150 habitantes terão sua população agregada a população rural, não sendo alvo de relocação, razão pela qual não foram aqui computados.

iii) Calcula-se a pontuação final de cada alternativa pela média ponderada da pontuação unitária dos reservatórios.

- **Desenvolvimento Agrícola/Recursos Edáficos Locais**

O aproveitamento dos recursos edáficos existentes ao longo das áreas de condução das águas transpostas permite o desenvolvimento das atividades hidroagrícolas na região, com reflexos positivos sobre o nível de renda e emprego. A pontuação máxima para esta categoria foi estabelecida como 2.

A avaliação deste critério, também, leva em consideração a extensão da área irrigada em cada alternativa considerando a sua probabilidade de viabilização, tendo adotado a classificação das áreas a serem irrigadas e a pontuação preconizada na avaliação do fator ambiental "Poluição Hídrica", ou seja:

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS COM POTENCIAL DE IRRIGAÇÃO	PONTUAÇÃO		
	< 5000	5000 - 10000	> 10000
Em estudo pela SEAGRI	2	3	5
Com algum tipo de estudo (viabilidade ou executivo)	1	2	3
Sem nenhum tipo de estudo	0	1	2

i) A pontuação de cada alternativa quanto ao quesito área irrigada será dada pelo somatório das notas obtidas pelos diferentes tipos de área. Esta pontuação deverá ser acrescida dos pontos associados a geração de empregos na atividade hidroagrícola, de acordo com o seguinte critério:

Nº DE EMPREGOS GERADOS	PONTUAÇÃO		
	EM ESTUDO SEAGRI	COM ALGUM ESTUDO	SEM ESTUDO
< 18.000	2	1	0
18.000 - 30.000	3	2	1
30.000 - 60.000	4	3	2
> 60.000	5	4	3

Deve ser considerado que para cada hectare irrigado seria gerado 1,21 emprego direto para mão-de-obra não qualificada e 0,04 emprego direto para mão-de-obra qualificada. Quanto aos empregos indiretos a relação adotada será de 1:2, ou seja, cada emprego direto gera dois empregos indiretos.

ii) A pontuação total de cada alternativa será dada pelo somatório das notas dos quesitos "área irrigada" e "geração de empregos".

iii) A alternativa que tiver nota máxima terá nota 5 (cinco), enquanto que a alternativa que obtiver pontuação mínima terá nota 0 (zero). A alternativa de pontuação intermediária terá sua nota calcula por interpolação entre os valores máximo e mínimo.

- **Submersão de Solos Agricultáveis**

Dependendo do potencial agrícola dos solos existentes na área da bacia hidráulica dos reservatórios propostos, o custo de oportunidade da área poderá variar de baixo a elevado. Levando em conta este fator, o peso estabelecido para esta categoria foi 2.

A avaliação deste critério considerou a representatividade das manchas de solo com potencial agrícola na área da bacia hidráulica dos reservatórios propostos, tendo adotado o seguinte método:

i) A pontuação de acordo com a representatividade das manchas de solos agricultáveis se deu da seguinte forma:

ÁREA AGRICULTÁVEL	PONTUAÇÃO
< 20%	4
20 - 40%	3
40 - 60%	2
60 - 80%	1
> 80%	0

A determinação da percentagem dos componentes das associações de solos presentes nas áreas das bacias hidráulicas foi feita pelo método estimativo. De acordo com este método, os componentes nas associações teriam a seguinte distribuição, em função do percentual mínimo do primeiro componente:

- Associação com dois componentes: o primeiro componente teria no mínimo 51,0%;
- Associação com três componentes: o primeiro componente teria no mínimo 35%, desde que os 65% restantes fossem distribuídos pelos dois últimos componentes, ambos com percentuais inferiores ao do primeiro componente;
- Associação com quatro componentes: o primeiro componente teria no mínimo 36,0% desde que os 74,0% restantes fossem distribuídos pelos três últimos componentes, todos com percentuais inferiores ao do primeiro componente.

A área agricultável em cada reservatório será obtida pelo produto da área de sua bacia hidráulica versus o percentual de solos agricultáveis estimado. A área agricultável total, por sua vez, é obtida pelo somatório das áreas unitárias de cada reservatório.

ii) Calcula-se a nota final de cada alternativa pela representatividade da área agricultável total em relação a área obtida com o somatório da extensão de todas as bacias hidráulicas dos reservatórios.

#### • Crise Atual no Abastecimento

A severidade da carência hídrica para o ano 2000 poderá diferir dentro da área de estudo, sendo mais intensa em determinadas áreas em detrimento de outras. Para esta categoria o peso atribuído foi de 4.

A avaliação deste critério levou em conta o contingente populacional dos núcleos urbanos e de áreas difusas de acordo com o nível de criticidade da oferta hídrica atual, tendo como base o balanço hídrico para o ano 2000 elaborado na Fase III deste projeto, sendo adotado o seguinte método:

i) A pontuação dos municípios de acordo com o nível de criticidade no abastecimento d'água obedeceu a seguinte pontuação:

DISCRIMINAÇÃO	PONTUAÇÃO
Crítica	3/10.000 hab
Não crítica	1/10.000 hab

ii) Calcula-se a pontuação final de cada alternativa pelo somatório da composição da pontuação unitária das áreas críticas e não críticas.

iii) A alternativa que obtiver nota máxima terá nota 5(cinco), enquanto que a alternativa que obtiver pontuação mínima terá nota 3(três). A alternativa de pontuação intermediária terá sua nota calcula por interpolação entre os valores máximo e mínimo.

#### • Número de Pessoas Beneficiadas

Avalia-se neste fator o impacto das infra-estruturas propostas por cada alternativa sobre a população residente nas 3 bacias em estudo. Sendo assim, o parâmetro avaliado aqui baseia-se na população abastecida de cada município por alternativa. Utilizou-se, portanto, os dados apresentados nos quadros 3.1.3, 3.2.3 e 3.3.3, do Tomo I deste volume, o qual relaciona a população beneficiada para as alternativas 1, 2 e 3, respectivamente. Adotou-se então a seguinte forma de pontuação:

i) A pontuação da alternativa se dá de acordo com os dados de população beneficiada. Aquela que alcançar um maior número de populações abastecidas terá nota 5 (cinco), enquanto que aquela que abastecer o menor contingente populacional terá nota 0 (zero). A alternativa de quantidade de população abastecida intermediária terá sua nota calculada por interpolação entre os valores máximo e mínimo.

O peso estabelecido para esta categoria foi 3.

- **Nível de Desapropriação**

O nível de desapropriação foi mensurado baseando-se no Diagnóstico Geoambiental e Sócio-econômico das áreas afetadas pelas obras de engenharia, apresentado no Volume 6 – Estudos Ambientais. Neste volume está relatado o trabalho de campo realizado a nível de reconhecimento em cada obra de reservação, para avaliação da estrutura fundiária das bacias hidráulicas a serem inundadas. Com relação às obras de adução, estas por atingirem áreas reduzidas em comparação às áreas inundadas pelos reservatórios, não foram analisadas neste fator.

Portanto, o nível de desapropriação foi mensurado em função da área das bacias hidráulicas das obras de reservação para cada alternativa. Como estas se constituem nas mesmas 6 (seis) obras para cada alternativa, a pontuação foi igual para as 3 alternativas planejadas. O peso estabelecido para este fator foi 2.

Apresenta-se a seguir o modelo de matriz de avaliação dos impactos sociais que será adotada na análise das alternativas propostas.

FATORES	PESOS POR FATOR	PONTUAÇÃO ESPECÍFICA					
		ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3	
		ABSOLUTA	RELATIVA	ABSOLUTA	RELATIVA	ABSOLUTA	RELATIVA
Necessidade de Reassentamento da População	2						
Aproveitamento dos Recursos Edáficos Locais	2						
Submersão de Solos Agricultáveis	2						
Crise Atual do Abastecimento	4						
Número de Pessoas Beneficiadas	3						
Nível de Desapropriação	2						
<b>PESO ASPECTO SOCIAL</b>	<b>15</b>						

## **6.3. AVALIAÇÃO AMBIENTAL**

### **6.3.1. Matriz de Avaliação e Descrição dos Impactos Ambientais**

A matriz de avaliação dos impactos ambientais concernentes a cada alternativa é apresentada no Quadro 6.1, tendo como base de avaliação os critérios preconizados no item 6.2 e os resultados obtidos no Diagnóstico Geoambiental e Sócio-econômico da área apresentado no Volume 6 - Estudos Ambientais.

A descrição dos impactos ambientais associados a cada alternativa e a sua pontuação específica é apresentada de forma sucinta ao longo do texto, objetivando referendar a pontuação final que constará na matriz de avaliação para cada fator analisado.

### **6.3.2. Impactos Negativos sobre Áreas de Preservação Ambiental**

Nas alternativas 2 e 3 o Canal Poti Sul intercepta a área da Reserva Serra das Almas numa extensão de 8 km, perfazendo uma área afetada de 32 ha, cuja representatividade em relação a área total desta unidade de conservação é inferior a 20,0%, sendo a pontuação deste fator para ambas as alternativas 4(quatro). A Alternativa 1 não apresenta interferências de obras de engenharia em áreas de conservação ambiental, razão pela qual a pontuação a esta atribuída é 5.

### **6.3.3. Proliferação de Doenças de Veiculação Hídrica**

Na Alternativa 1, das seis obras de reservação propostas, apenas três estão englobadas no território de áreas-foco de doenças de veiculação hídrica, os açudes Fronteiras em Crateús, Lontras em Ipueiras e Inhuçu em Croatá. Assim sendo, o somatório da pontuação obtida para as obras de reservação perfaz 6 pontos, ou seja, dois pontos para cada reservatório. Tendo em vista que todas as alternativas apresentam a mesma composição de obras de reservação, o impacto associado as demais alternativas apresentam magnitude semelhante a da Alternativa 1.

Quanto às obras de adução, o Canal Norte, na Alternativa 1, intercepta o território de três áreas-foco perfazendo portanto 3 pontos e o túnel Poti/Acaraú embora esteja totalmente incluso no território de uma área foco atinge 1 ponto por permitir a derivação de água para outra bacia. Desta forma a pontuação final da Alternativa 1 perfaz 10 pontos.

Na Alternativa 2 o Canal Norte intercepta o território de apenas duas áreas-foco, perfazendo 2 pontos e a pontuação do túnel Poti/Acaraú e das obras de reservação permanecem as mesmas atribuídas por ocasião da análise da Alternativa 1, ou seja, 1(um) e 6(seis) pontos, respectivamente. O Canal Poti Sul nesta alternativa apresenta pontuação nula por estar totalmente incluso no território de uma área-foco. A adutora do açude Jaburu I e a de Nova Russas por aduzir água tratada previamente ou que será submetida a tratamento antes do fornecimento para consumo, não implicam em riscos de disseminação de doenças de veiculação hídrica tendo também, pontuações nulas. A pontuação final para a Alternativa 2 perfaz 9 pontos.

Na Alternativa 3 o Canal Poti Sul intercepta o território de uma única área-foco apresentando, portanto, pontuação 1 (um). O Túnel Poti/Acaraú e as obras de reservação apresenta pontuação semelhante a das outras alternativas, ou seja, 1 (um) e 6 (seis) pontos, respectivamente. As adutoras, por sua vez, por derivarem água tratada ou que será submetida a tratamento antes do fornecimento para consumo terão pontuação nula. A pontuação final para a Alternativa 3 perfaz 8 (oito) pontos.

**Quadro 6.1**

**MATRIZ DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS**

FATORES	PESOS	PONTUAÇÃO ESPECÍFICA					
		ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3	
		ABSOLUTA	RELATIVA	ABSOLUTA	RELATIVA	ABSOLUTA	RELATIVA
Impactos Negativos sobre Áreas de Preservação Ambiental	5	5	0,25	4	0,20	4	0,20
Proliferação de Doenças de Veiculação Hídrica	5	0	0,00	3	0,15	5	0,25
Incremento a Poluição Hídrica	3	5	0,15	0	0,00	0	0,00
Possibilidade de Salinização dos Reservatórios	3	5	0,15	0	0,00	0	0,00
Efeitos Negativos sobre a Flora e a Fauna	2	0	0,00	3	0,06	5	0,10
Impactos Hidromorfológicos	2	0	0,00	3	0,06	4	0,08
<b>PESO ASPECTO AMBIENTAL</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>3,00</b>	<b>13</b>	<b>2,60</b>	<b>18</b>	<b>3,60</b>

A Alternativa 1 por obter maior pontuação será atribuída nota zero, enquanto que a Alternativa 3 que obteve pontuação mínima terá nota 5. A Alternativa 2 foi atribuída nota 3.



#### 6.3.4. Incremento a Poluição Hídrica

A poluição hídrica associada a questão do uso de agrotóxicos foi avaliada considerando a extensão territorial das manchas de solo de acordo com a sua probabilidade de exploração a curto prazo, tendo chegado a seguinte pontuação por alternativa:

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS COM POTENCIAL DE IRRIGAÇÃO	PONTUAÇÃO		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Em estudo pela SEAGRI	2	3	3
Com algum tipo de estudo (viabilidade ou executivo)	2	2	2
Sem nenhum tipo de estudo	2	2	2
<b>NOTA</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>7</b>

A Alternativa 1 conta com uma área de 4.760 ha em estudos pela SEAGRI, 5.750 ha com estudos de viabilidade/projeto executivo e 17.971 ha sem qualquer tipo de estudo, razão pela qual obteve nota 2(dois) para os três tipos de áreas potenciais de irrigação. As alternativas 2 e 3 apresentam extensões de áreas em estudos pela SEAGRI e com estudos de viabilidade/projeto executivo iguais, ou seja, 5.160 ha e 6.863 ha, respectivamente. A área sem estudo, no entanto apresenta-se ligeiramente superior na Alternativa 3 (17.105 ha) em detrimento da Alternativa 2 (16.017 ha), embora em termos de pontuação apresentem a mesma nota 2(dois). A pontuação final para o quesito poluição por agrotóxicos alcançou 6(seis) pontos na Alternativa 1 e 7(sete) pontos nas Alternativas 2 e 3.

Quanto a poluição por efluentes sanitários, esta apresenta maiores riscos de ocorrência no Açude Fronteiras que conta com os núcleos urbanos de Crateús e Ipaporanga situados a montante e no Açude Lontras, que tem a cidade de Croatá localizada às suas margens. A pontuação atribuída a estes reservatórios tem como base o número de domicílios sem sistema de saneamento básico em cada núcleo urbano. A pontuação atribuída ao Açude Fronteiras é de 6(seis) pontos assim distribuídos: Ipaporanga (2.160 domicílios) - 2 e Crateús (8.911 domicílios) - 4. O Açude Lontras terá nota 2, pois a cidade de Croatá conta com menos de 3.000 domicílios sem saneamento. Tendo em vista que todas as alternativas apresentam a mesma composição de obras de reservação, a nota final do quesito poluição por efluentes sanitários é 8(oito), ou seja, o somatório da pontuação obtida pelos reservatórios, qualquer que seja a alternativa analisada.

O somatório das pontuações obtidas por cada alternativa nos quesitos avaliados perfaz 14 pontos na Alternativa 1 e 15 pontos nas Alternativas 2 e 3. Estas duas últimas alternativas por apresentarem pontuação máxima receberão nota 0(zero), enquanto que a Alternativa 1 obteve a pontuação mínima recebendo nota 5(cinco).

### **6.3.5. Possibilidade de Salinização dos Reservatórios**

Dentre as obras de reservação propostas apenas o açude Fronteiras apresenta na sua bacia de contribuição manchas significativas de solos com elevados teores de sais, tendo aferido portanto pontuação 5, a qual será válida para todas as alternativas já que as obras de reservação apresentam a mesma composição qualquer que seja a alternativa analisada.

A possibilidade de diluição da água aduzida a partir deste reservatório é factível apenas nas Alternativas 1 e 2, onde as águas aduzidas pelo Túnel/Canal Norte para a região do Médio/Baixo Acaraú recebem o reforço dos açudes Lontras e Inhuçu.

Analisando a repercussão da diluição da água em cada alternativa, com base na representatividade dos solos irrigados exclusivamente com águas salinas em relação a área irrigada total, chega-se a conclusão que a Alternativa 1 terá 12.247 ha de área irrigada adotando o uso de águas salinas, sendo atribuída a esta pontuação 0(zero), a Alternativa 3 terá 19.420 ha de área irrigada sujeita a este problema, tendo portanto pontuação 5(cinco), enquanto que na Alternativa 2 essa área cai para 16.420 ha, sendo a sua pontuação igual a 3(três).

O somatório das notas obtidas para cada alternativa considerando a análise das obras de reservação e da probabilidade de redução dos efeitos de salinização na atividade hidroagrícola obteve os seguintes resultados: a Alternativa 3 obteve 10 pontos alcançando pontuação máxima, tendo portanto nota 0(zero); a Alternativa 1 obteve 5 pontos alcançando pontuação mínima, sendo atribuída a esta nota 5, enquanto a Alternativa 2 obteve 8 pontos, sendo a esta atribuída uma nota intermediária, ou seja, 3(três).

### **6.3.6. Efeitos Negativos Sobre a Flora e a Fauna**

Considerando a extensão da área a ser desmatada para a implantação das obras de reservação e adução em cada alternativa, obteve-se o seguinte nível de pontuação por tipo de infra-estrutura:

- Para as obras de reservação, o somatório dos escores obtidos por cada reservatório perfaz 14 pontos, assim distribuídos: Açude Fronteiras (11.500 ha) - 5; Açude Lontras (1.329 ha) - 2; Açude Inhuçu (1.750 ha) - 2; Açude Paula Pessoa (2.290 ha) - 3 e Açude Frecheirinha (1.100 ha) - 2. Considerando que todas as alternativas apresentam a mesma composição de obras de reservação, o impacto associado as três alternativas apresenta magnitude semelhante;
- Para as obras de adução a Alternativa 1 com cerca de 715 ha a serem desmatados para a implantação do Canal Norte obteve pontuação 5. A Alternativa 2 terá 471 ha atingidos pela construção do Canal Norte e 116 ha pelo Canal Poti Sul, perfazendo ao todo 587 ha, o que resultou numa pontuação 3. A Alternativa 3, por sua vez, terá 381 ha desmatados para dar lugar ao Canal Poti Sul, obtendo pontuação 2.

Com o somatório das pontuações obtidas por cada tipo de infra-estrutura, a Alternativa 1 obteve 19 pontos, a Alternativa 2 - 17 pontos e a Alternativa 3 -16 pontos. A Alternativa 1 por obter maior pontuação será atribuída nota zero, enquanto que a Alternativa 3 que obteve pontuação mínima terá nota 5. A Alternativa 2 foi atribuída nota 3.

### **6.3.7. Impactos Hidromorfológicos**

Os riscos de desencadeamento de processos erosivos associados a intersecção da rede de drenagem natural pelos sistemas de adução (canais) propostos, por estarem posicionados numa região com relevo fortemente ondulado a montanhoso, apresenta-se mais elevado ao longo do Canal Norte (Alternativa 1), dado a longa extensão do seu traçado. Com efeito, na Alternativa 1 o Canal Norte apresenta 133 intersecções com a rede de drenagem natural, razão pela qual obteve pontuação 0(zero). A Alternativa 2 apresenta o Canal Norte interceptando 44 cursos d'água, enquanto que o Canal Poti Sul intercepta apenas 8 riachos, perfazendo ao todo 52 cursos d'água, obtendo pontuação 3. A Alternativa 3, por sua vez, apresentou 43 pontos de interferência do Canal Poti Sul com a rede de drenagem natural obtendo pontuação 4.

## 6.4. AVALIAÇÃO SOCIAL

### 6.4.1. Matriz de Avaliação e Descrição dos Impactos Sociais

A matriz de avaliação dos impactos sociais concernentes a cada alternativa é apresentada no Quadro 6.2, tendo como base de avaliação o Diagnóstico Geoambiental e Sócio-econômico da área e os critérios preconizados no item 6.2

A descrição dos impactos sociais pertinentes a cada alternativa e a sua pontuação específica é apresentada a seguir, visando referendar os resultados apostos na matriz de avaliação para cada fator analisado.

### 6.4.2. Necessidade de Reassentamento da População

Considerando a representatividade do contingente populacional desalojado e os núcleos urbanos com população acima de 600 habitantes atingidos pelas obras de reservação, foram atribuídas as seguintes pontuações por reservatório: Açude Fronteiras (1980 hab) - 5; Açude Inhuçu (1128 hab) - 4; Açude Lontras (867 hab) - 3; Açude Paula Pessoa (587 hab) - 2 e Açude Frecheirinha (181 hab) - 1. Para os açudes Fronteiras e Inhuçu que contam com um núcleo urbano com população superior a 600 habitantes cada, foi adicionado a pontuação recebida mais 2 pontos, elevando a pontuação destes para 7 e 6 pontos, respectivamente. A pontuação final obtida pela média ponderada da pontuação unitária dos reservatórios atingiu 4 pontos.

Considerando que todas as alternativas estudadas apresentam a mesma composição de obras de reservação, a nota final apresenta o mesmo valor qualquer que seja a alternativa analisada.

**Quadro 6.2**

### MATRIZ DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIAIS

FATORES	PESOS POR FATOR	PONTUAÇÃO ESPECÍFICA					
		ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3	
		ABSOLUTA	RELATIVA	ABSOLUTA	RELATIVA	ABSOLUTA	RELATIVA
Necessidade de Reassentamento da População	2	4	0,08	4	0,08	4	0,08
Aproveitamento dos Recursos Edáficos Locais	2	0	0,00	3	0,06	5	0,10
Submersão de Solos Agricultáveis	2	3	0,06	3	0,06	3	0,06
Crise Atual do Abastecimento	4	5	0,20	3	0,12	3	0,12
Número de Pessoas Beneficiadas	3	5	0,15	3	0,09	3	0,09
Nível de Desapropriação	2	3	0,06	3	0,06	3	0,06
<b>PESO ASPECTO SOCIAL</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>3,00</b>	<b>19</b>	<b>2,85</b>	<b>21</b>	<b>3,15</b>

### 6.4.3. Desenvolvimento Hidroagrícola/Recursos Edáficos Locais

O desenvolvimento da atividade hidroagrícola e a conseqüente geração de empregos foi avaliado considerando a extensão territorial das manchas de solo de acordo com a sua probabilidade de exploração a curto prazo, tendo chegado a seguinte pontuação por alternativa:

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS COM POTENCIAL DE IRRIGAÇÃO	PONTUAÇÃO		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Em estudo pela SEAGRI	2	3	3
Com algum tipo de estudo (viabilidade ou executivo)	2	2	2
Sem nenhum tipo de estudo	2	2	2
<b>NOTA</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>7</b>

A Alternativa 1 conta com uma área de 4.760 ha em estudos pela SEAGRI, 5.750 ha com estudos de viabilidade/projeto executivo e 17.971 ha sem qualquer tipo de estudo, razão pela qual obteve nota 2(dois) para os três tipos de áreas potenciais de irrigação. As alternativas 2 e 3 apresentam extensões de áreas em estudos pela SEAGRI e com estudos de viabilidade/projeto executivo iguais, ou seja, 5.160 ha e 6.863 ha, respectivamente. A área sem estudo, no entanto apresenta-se ligeiramente superior na Alternativa 3 (21.231 ha) em detrimento da Alternativa 2 (16.017 ha), embora em termos de pontuação apresentem a mesma nota 2(dois). A pontuação final para o quesito poluição área irrigada alcançou 6(seis) pontos na Alternativa 1 e 7(sete) pontos nas Alternativas 2 e 3.

Quanto a geração de empregos, a Alternativa 1 irá gerar 17.925 empregos nas áreas em estudo pela SEAGRI, 21.563 empregos nas áreas com estudos de viabilidade/projeto executivo e 67.362 empregos associados as áreas sem estudo. As Alternativas 2 e 3 apresentam o mesmo número de empregos gerados para as áreas em estudo pela SEAGRI e para as áreas com estudos de viabilidade/projeto executivo, ou seja, 19.350 e 25.736 empregos, respectivamente. A geração de empregos pelas áreas sem estudo, no entanto, apresenta-se superior na Alternativa 3 ( 64.144 empregos ), enquanto que na Alternativa 2 este número cai para 60.000 empregos. A pontuação das alternativas no quesito geração de empregos apresenta a seguinte configuração:

Nº DE EMPREGOS GERADOS	PONTUAÇÃO		
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Em estudo pela SEAGRI	2	3	3
Com algum tipo de estudo (viabilidade ou executivo)	2	2	2
Sem nenhum tipo de estudo	3	2	3
<b>NOTA</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>8</b>

O somatório das notas obtidas por cada alternativa considerando a análise da área irrigada e da geração de empregos obteve os seguintes resultados: a Alternativa 1 obteve 13 pontos alcançando a pontuação mínima, razão pela qual obteve nota 0(zero). A Alternativa 3 obteve 15 pontos alcançando a pontuação máxima, tendo portanto nota 5(cinco) e a Alternativa 2, com 14 pontos, teve sua nota interpolada entre os valores máximo e mínimo, obtendo nota 3.

#### 6.4.4. Submersão de Solos Agricultáveis

No Açude Fronteiras serão submersos 11.500 ha, onde predominam os solos do tipo Planosolo Solódico associados aos Solonetz Solodizados e aos Litólicos (Associação PL<sub>6</sub>). Todos estes tipos de solos apresentam restrições ao desenvolvimento agrícola, razão pela qual estimou-se para este reservatório um percentual de 20,0% de solos agricultáveis associados aos aluviões do rio Poti, tendo-se chegado a uma área agricultável de 2.300 ha.

Nos açudes Inhuçu e Lontras, por sua vez, serão submersos 1.750 ha e 1.329 ha, respectivamente, onde predominam as Areias Quartzosas, seguidas pelos Latossolos Vermelho Amarelo e pelos Litólicos (Associação AQd<sub>2</sub>). Os dois primeiros tipos de solos apresentam bom potencial agrícola, sendo estimado um percentual de 67,5% para estes, o que resulta numa área agricultável de 1.181 ha para o açude Inhuçu e 897 ha para o açude Lontras.

No açude Frecheirinha serão submersos 1.100 ha, onde predominam os solos Litólicos, seguidos pelos Podzólicos Vermelho Amarelo Equivalente Eutróficos e pelos Planossolos Solódicos Vérticos (Associação Re<sub>14</sub>). Destes, apenas o segundo componente apresenta bom potencial agrícola, sendo estimado um percentual de 32,5% para este, o que resulta numa área agricultável de 357 ha para o Açude Frecheirinha.

Por fim, no Açude Paula Pessoa serão submersos 2.290 ha, onde predominam os solos Litólicos, seguidos pelos Podzólicos Vermelho Amarelo Equivalente Eutróficos e pelas Areias Quartzosas (Associação Red<sub>3</sub>). Destes, apenas os Litólicos apresentam sérias restrições ao

desenvolvimento agrícola, sendo estimado um percentual de 65,0% de solos agricultáveis para este reservatório, ou seja, uma área de 1.488 ha.

A área agricultável total obtida pelo somatório das áreas agricultáveis de cada reservatório atinge 6.223 ha, cuja representatividade em relação a área total das bacias hidráulicas dos reservatórios (17.969 ha) é de 34,6%. Desta forma, a pontuação obtida é de 3(três) para todas as alternativas, já que a composição de obras de reservação não difere de uma alternativa para outra.

#### **6.4.5. Crise Atual no Abastecimento**

A Alternativa 1 atenderá um contingente de 210.806 habitantes em áreas críticas e de 57.320 habitantes em áreas não críticas, obtendo pontuações de 63,2 e 5,7 pontos, respectivamente, perfazendo ao todo 68,9 pontos.

As Alternativas 2 e 3 apresentam quantitativos semelhantes para a população residente em áreas críticas e não críticas, ou seja, 206.985 habitantes e 37.612 habitantes, respectivamente. A pontuação atingida pelas áreas críticas alcançou 62,1 pontos e a das áreas não críticas 3,8 pontos, perfazendo ao todo 65,9 pontos para cada alternativa.

A Alternativa 1 por obter a maior pontuação será atribuída a nota 5(cinco), enquanto que as Alternativas 2 e 3 que obtiveram a pontuação mínima terão nota 3(três).

#### **6.4.6. Número de Pessoas Beneficiadas**

A Alternativa 1 é a que promove o abastecimento do maior contingente populacional, beneficiando 268.126 habitantes. Por isso, sua nota é a máxima, 5 (cinco). As alternativas 2 e 3 beneficiam o mesmo número de habitantes, exatamente 244.597, o que lhes confere, igualmente, a nota 3 (três).

#### **6.4.7. Nível de Desapropriação**

Com relação ao nível de desapropriação, o parâmetro utilizado foi as áreas das bacias hidráulicas a serem inundadas pelas obras de reservação. Como estas se constituem nas mesmas 6 (seis) obras para cada alternativa, a pontuação foi igual para as 3 alternativas planejadas, ou seja, nota 3 (três) para cada uma.

## 6.5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A hierarquização dos impactos ambientais e sociais das três alternativas propostas para o Eixo de Integração da Ibiapaba foram analisadas a nível de viabilidade de projeto, devendo portanto serem utilizadas tão somente como referências para a seleção da alternativa mais viável em termos ambientais e sociais.

Constatou-se que as obras de reservação, por apresentarem composição idêntica para as três alternativas, não tiveram influência significativa na escolha da mais viável, ficando o poder de decisão restrito praticamente aos impactos associados as obras de adução (canais e adutoras).

Em termos de Análise Ambiental, a Alternativa 3 foi a que apresentou melhor nível de pontuação, atingindo em termos absolutos 18 pontos, o que corresponde a uma nota de 3,60 para o peso atribuído ao aspecto ambiental. A referida alternativa obteve notas nulas apenas nos quesitos "Incremento a Poluição Hídrica" e "Possibilidade de Salinização dos Reservatórios", por apresentar maiores extensões de área com possibilidades de desenvolvimento hidroagrícola a curto prazo, o que resulta em maiores riscos de poluição por agrotóxicos e por apresentar uma maior extensão de área irrigada com águas salinizadas, o que pode ser contornado com a adoção de práticas conservacionistas na agricultura e com a adoção de técnicas de manejo do reservatório Fronteiras, respectivamente.

A Alternativa 1 aparece em segundo lugar com 15 pontos, correspondendo a uma nota de 3,00 para o peso atribuído ao componente ambiental, enquanto que a Alternativa 2 perfaz 13 pontos, que corresponde a uma nota de 2,60 para o valor do componente ambiental.

Quanto a Análise Social, todas as alternativas apresentaram pontuações semelhantes para os fatores "Necessidade de Reassentamento Populacional" e "Submersão de Solos Agricultáveis", devido estes estarem vinculados exclusivamente às obras de reservação. A Alternativa 3 foi a que apresentou maior pontuação atingindo em valores absolutos 21 pontos, o que corresponde a uma nota de 3,15 para o peso atribuído ao componente social, tendo suplantado a Alternativa 2 apenas no quesito "Aproveitamento dos Recursos Edáficos Locais" devido apresentar área com potencial hidroagrícola e conseqüente geração de empregos superiores a esta.

A Alternativa 1 computou 20 pontos, o que corresponde a uma nota de 3,00 para o peso atribuído ao componente social, enquanto que a Alternativa 2 obteve 19 pontos, alcançando uma nota de 2,85 para o peso do componente social.



Por fim, ressaltamos que por ocasião do detalhamento do projeto final de engenharia da alternativa selecionada, deverão ser efetuados estudos mais criteriosos sobre os seguintes temas:

- Possibilidade de importação de espécies piscícolas predadoras;
- Espécies endêmicas da flora e fauna;
- Possíveis sítios arqueológicos, paleontológicos e espeleológicos;
- Quantificação e qualificação dos efluentes sanitários das cidades posicionadas a montante dos reservatórios propostos;
- Levantamento das condições morfológicas dos cursos d'água barrados.

Além das medidas mitigadoras normalmente adotadas em obras hidráulicas, tais como reassentamento da população desalojada, relocação de núcleos urbanos, relocação de infra-estruturas de uso público e recuperação de áreas de empréstimos, sugerimos a adoção das seguintes medidas durante a implementação e operação dos projetos:

- Utilização de controles biológicos (peixes) para reduzir a proliferação de doenças de veiculação hídrica;
- Utilização de grades ou redes para conter a migração inter-bacia hidrográfica de ictiofauna daninha;
- Liberação de hidrogramas pulsos representativos de cheias dominantes à jusante dos reservatórios;
- Controle da erosão do solo com a utilização de plantio direto e de estruturas de contenção de sedimentos;
- Implantação de projetos de esgotamento sanitário nas cidades posicionadas a montante dos reservatórios propostos;
- Utilização de agrotóxicos não agressivos ao meio ambiente;
- Levantamento detalhado do local das obras das bacias hidráulicas dos reservatórios para a identificação de possíveis sítios arqueológicos, paleontológicos e espeleológicos.



MONTGOMERY WATSON



## **7. ANÁLISE ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS**

---

## 7. ANÁLISE ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS

### 7.1. METODOLOGIA

A análise econômica é basicamente a comparação dos custos e benefícios de cada um das alternativas. As bases e os critérios utilizados para estimar os custos são descritos nos capítulos 4 e 5. Os benefícios foram derivados com base nos serviços proporcionados em cada alternativa em relação aos benefícios proporcionados pelos:

- Suprimentos de água doméstica
- Suprimentos de água para irrigação
- Geração de energia elétrica
- Piscicultura

Os fluxos destes custos e benefícios foram determinados ao longo de um período de 32 anos, sendo 2 (dois) para construção das principais obras, e 30 (trinta) anos de geração de benefícios. A evolução dos custos ocorrerá conforme o Quadro 7.1.

**Quadro 7.1 – Critérios de Distribuição dos Custos**

CUSTO	CRITÉRIOS
Construção	Ocorrerá ao longo dos próximos 7 anos (período de construção), nas seguintes porcentagens : 20, 17, 13, 13, 13, 12, 12. Termina no sétimo ano.
Operação, manutenção e energia	Ocorrerá ao longo dos próximos 7 anos nas seguintes porcentagens : 5, 10, 30, 40, 80, 95, 100 e continuará ao valor integral a partir do 8º ano até o 32º ano.
Substituição (equipamentos para as estações de bombeamento e usinas)	Ocorrerá no 15º ano, por um período de 2 anos cada vez. (15º e 16º anos).

Os fluxos dos custos e benefícios foram então utilizados para calcular a relação de custo-benefício e o valor presente líquido a uma taxa de desconto de 12% a.a., e a taxa interna de retorno.

## 7.2. CUSTOS

Os custos dos barramentos e das obras de adução e geração de energia foram apresentados nos capítulos 4 e 5 e encontram-se distribuídos cronologicamente, por alternativa, nos Quadros 7.2, 7.3 e 7.4.

As estimativas dos custos capitais dos sistemas de distribuição de água potável e estradas de acesso foram feitas utilizando os seguintes critérios:

- Sistemas de Distribuição de Água Potável – Admitiu-se para estimativa dos custos com sistema de distribuição de água potável os custos médios per capita levantados nos projetos executivos do Programa de Ação Social em Saneamento (PASS-BID), em municípios do Nordeste, correspondente a R\$ 49,86 por habitante beneficiado;
- Estradas de acesso – R\$ 15.000/km;
- Os custos das medidas de proteção ambiental encontram-se detalhados no Volume 6 – Estudos Ambientais, da Fase IV – Estudos de Alternativas;
- Os custos anuais foram estimados considerando os seguintes critérios:
  - Operação e manutenção – 1 % do total dos custos de investimentos;
  - Energia – Consumo: R\$ 0,02636/kwh e Demanda: R\$ 3,22/Kw.

Os Quadros 7.2, 7.3 e 7.4 apresentam a distribuição cronológica dos custos de investimentos, O&M e de energia para cada uma das alternativas.



MONTGOMERY WATSON



## QUADRO 7.2 - FLUXO DE CUSTOS ALTERNATIVA 1

ANO	INVESTIMENTOS	CUSTOS O&M	CUSTOS ENERGIA	Total
1	137.858.373	344.646	265.257	138.468.276
2	117.179.617	689.292	530.513	118.399.422
3	89.607.943	2.067.876	1.591.540	93.267.358
4	89.607.943	2.757.167	2.122.053	94.487.163
5	89.607.943	5.514.335	4.244.106	99.366.384
6	82.715.024	6.548.273	5.039.876	94.303.173
7	82.715.024	6.892.919	5.305.133	94.913.076
8	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
9	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
10	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
11	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
12	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
13	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
14	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
15	35.869.996	6.892.919	5.305.133	48.068.047
16	35.869.996	6.892.919	5.305.133	48.068.047
17	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
18	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
19	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
20	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
21	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
22	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
23	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
24	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
25	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
26	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
27	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
28	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
29	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
30	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
31	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
32	-	6.892.919	5.305.133	12.198.052
<b>TOTAL</b>	<b>761.031.857</b>	<b>197.137.474</b>	<b>151.726.804</b>	<b>1.109.896.135</b>



MONTGOMERY WATSON



### QUADRO 7.3 - FLUXO DE CUSTOS ALTERNATIVA 2

ANO	INVESTIMENTOS	CUSTOS O&M	CUSTOS ENERGIA	Total
1	111.355.461	236.049	609.637	112.201.147
2	94.652.142	472.099	1.219.274	96.343.515
3	72.381.050	1.416.297	3.657.822	77.455.169
4	72.381.050	1.888.396	4.877.096	79.146.542
5	72.381.050	3.776.792	9.754.192	85.912.034
6	66.813.277	4.484.940	11.583.103	82.881.320
7	66.813.277	4.720.990	12.192.740	83.727.007
8	-	4.720.990	12.192.740	16.913.730
9	-	4.720.990	12.192.740	16.913.730
10	10.171.142	4.720.990	12.192.740	27.084.872
11	10.171.142	4.720.990	12.192.740	27.084.872
12	-	4.720.990	12.192.740	16.913.730
13	-	4.720.990	12.192.740	16.913.730
14	-	4.720.990	12.192.740	16.913.730
15	22.369.996	4.720.990	12.192.740	39.283.725
16	22.369.996	4.720.990	12.192.740	39.283.725
17	-	4.720.990	12.192.740	16.913.730
18	-	4.720.990	12.192.740	16.913.730
19	-	4.720.990	12.192.740	16.913.730
20	10.171.142	4.720.990	12.192.740	27.084.872
21	10.171.142	4.720.990	12.192.740	27.084.872
22	-	4.720.990	12.192.740	16.913.730
23	-	4.720.990	12.192.740	16.913.730
24	-	4.720.990	12.192.740	16.913.730
25	-	4.720.990	12.192.740	16.913.730
26	-	4.720.990	12.192.740	16.913.730
27	-	4.720.990	12.192.740	16.913.730
28	-	4.720.990	12.192.740	16.913.730
29	-	4.720.990	12.192.740	16.913.730
30	-	4.720.990	12.192.740	16.913.730
31	-	4.720.990	12.192.740	16.913.730
32	-	4.720.990	12.192.740	16.913.730
<b>TOTAL</b>	<b>642.201.863</b>	<b>135.020.313</b>	<b>348.712.364</b>	<b>1.125.934.541</b>



MONTGOMERY WATSON



## QUADRO 7.4 - FLUXO DE CUSTOS ALTERNATIVA 3

ANO	INVESTIMENTOS	CUSTOS O&M	CUSTOS ENERGIA	Total
1	81.551.445	203.879	350.915	82.106.239
2	69.318.729	407.757	701.831	70.428.317
3	53.008.439	1.223.272	2.105.493	56.337.204
4	53.008.439	1.631.029	2.807.324	57.446.792
5	53.008.439	3.262.058	5.614.647	61.885.144
6	48.930.867	3.873.694	6.667.393	59.471.954
7	48.930.867	4.077.572	7.018.309	60.026.748
8	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
9	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
10	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
11	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
12	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
13	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
14	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
15	24.451.585	4.077.572	7.018.309	35.547.466
16	24.451.585	4.077.572	7.018.309	35.547.466
17	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
18	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
19	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
20	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
21	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
22	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
23	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
24	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
25	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
26	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
27	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
28	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
29	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
30	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
31	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
32	-	4.077.572	7.018.309	11.095.881
<b>TOTAL</b>	<b>456.660.396</b>	<b>116.618.567</b>	<b>200.723.633</b>	<b>774.002.596</b>

### 7.3. BENEFÍCIOS

Os benefícios foram derivados dos seguintes serviços:

- Suprimento de água doméstica;
- Suprimento de água para irrigação;
- Geração de energia hidrelétrica;
- Piscicultura.

Os benefícios domésticos são baseados em uma combinação de custos de suprimentos alternativos. A fonte das informações é o documento “Banco do Nordeste – Execução de serviços técnicos sobre a demanda de água no Nordeste – Agosto – 1997”. O Quadro 7.5 apresenta as informações relativas às alternativas dos suprimentos domésticos e industriais:

**Quadro 7.5 - Custos de Fontes Alternativas de Água no Nordeste Brasileiro**

Tipo de Fonte	Preço (R\$/m <sup>3</sup> )	Consumo médio (m <sup>3</sup> /mês/família)
Ligado à Rede Pública	0,58	17,72
Carro Pipa	0,74	4,82
Poço com Bomba	0,90	14,31
Busca de Água	4,38	4,52
Compra de Água	7,25	3,72
Total	13,85	45,09
Média	2,77	9,018
Média Ponderada	2,07	12,56

FONTE: Banco do Nordeste - Execução de Serviços Técnicos sobre a Demanda de Água no Nordeste - Agosto de 1997. Realização PBLM - Consultoria Empresarial.

Para determinar os benefícios pelo fornecimento de água para os usuários urbanos e difusos considerou-se, então, o consumo incremental (consumo com projeto menos consumo sem projeto) multiplicado pelo custo alternativo da água, correspondente a R\$ 2,77/m<sup>3</sup>.

Os benefícios incrementais diretos para a irrigação são baseados na média da rentabilidade anual obtida com os seguintes produtos agrícolas: banana, acerola, melão e consórcio milho/feijão em um modelo de exploração de 4 ha. Os padrões das plantações, os rendimentos das safras, os custos operacionais e as rendas são baseados em estudos diversos (fichas



técnicas da EMBRAPA, projetos de irrigação), realizados em áreas semelhantes às do presente estudo.

A média do valor dos benefícios anuais por hectare foi reduzida de R\$ 1.800,00, para compensar o custo operacional e de amortização da infra-estrutura de uso comum, relativo à tarifa de água, e de R\$ 4.400,77 referente ao valor da remuneração do capital, obtido a uma taxa de desconto de 12% a.a., para cobrir os custos de capital da infra-estrutura parcelar, incluindo aí os equipamentos de irrigação. Para este modelo, que numa área de 4 hectares explora banana, acerola, melão e consórcio milho/feijão, a renda líquida foi estimada em R\$ 3.118,61 por hectare, como se pode verificar na Tabela 7.6. Assim, levando-se em conta que o presente estudo objetiva comparar projetos mutuamente exclusivos e que o método geralmente utilizado para comparar planos alternativos é garantir que todos os custos e benefícios sejam realizados a um nível similar de dados e análises, o valor da renda líquida por hectare é uma ferramenta de planejamento confiável, haja vista que garante que as alternativas permaneçam comparáveis, em termos relativos, e que o plano preferido, selecionado no estudo de alternativas, tenha a maior possibilidade de sucesso. O Quadro 7.6 a seguir mostra os resultados encontrados para renda líquida.

**Quadro 7.6 - Renda líquida total e por hectare do modelo de Exploração**

<b>Discriminação</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Valor da Produção (anual)	27.350,00
<b>Custos (anual)</b>	
Diretos (mão-de-obra, sementes, fertilizantes e defensivos)	7.725,26
Manutenção dos Investimentos	700,24
Energia Parcelar	249,29
Tarifa de Água (Operação e Amortização)	1.800,00
Recuperação dos Investimentos (12% a.a.)	4.400,77
<b>Receita Líquida</b>	<b>12.474,45</b>
Área cultivada (em ha)	4,00
<b>Renda Líquida por ha</b>	<b>3.118,61</b>

Para cálculo dos benefícios incrementais da irrigação, buscou-se quantificar os benefícios anuais a partir da seguinte equação:

$$B = RL * A,$$

onde: B - Benefício econômico anual;

RL - Renda líquida média anual por ha;

A - Área irrigável por projeto.

Para cálculo dos benefícios da irrigação nas áreas difusas, o valor da renda líquida foi multiplicado por um fator de redução de 0,7, resultando num valor de R\$ 2.183,03 por hectare. Admitiu-se ainda uma evolução nos benefícios da irrigação ao longo de 5 anos nas seguintes porcentagens: 40, 60, 80 e 100, correspondendo, portanto, a R\$ 1.247,44 no 1º ano, R\$ 1.871,17 no 2º ano, R\$ 2.494,89 no 3º ano e R\$ 3.118,61 no 4º ano e seguintes.

Os parâmetros de custos utilizados no planejamento da expansão do setor elétrico se baseiam em valores econômicos para o país como um todo, representados por custos incorridos pela sociedade. Usualmente, para cálculo do benefício econômico dos aproveitamentos energéticos utiliza-se os custos marginais de expansão. No caso do presente estudo o benefício direto advindo da geração de energia elétrica é avaliado através da receita dos aproveitamentos energéticos, computada pelo produto da potência instalada vezes o fator 8.760 (número de horas-ano) e a seqüência de custos marginais por período, segundo a ELETROBRÁS. Deve-se registrar que as tarifas utilizadas para determinação dos benefícios diretos, cuja elevação ao longo do tempo se deve às hipóteses de majoração do custo de combustível, são as seguintes:

- Até 2005: US\$ 45/MWh
- De 2006 a 2010: US\$ 50/MWh
- De 2011 a 2015: US\$ 55/MWh
- De 2016 a 2020: US\$ 60/MWh
- De 2021 a 2025: US\$ 65/MWh

No Anexo B deste volume é apresentado o estudo realizado pelo Consórcio sobre a situação da infra-estrutura e do uso da energia elétrica nas bacias do Acaraú, Coreaú e Poti, abordando

aspectos da infra-estrutura existente e respectivo uso, projeções futuras, custos de novas instalações, custos de operação e manutenção e as tarifas de fornecimento executadas pela COELCE na região. Este estudo serviu como importante subsídio para as estimativas de custo e benefícios relacionados a energia elétrica neste trabalho.

Os benefícios líquidos para a piscicultura são relativos à área de inundação do reservatório, e foram calculados para cada reservatório dos planos alternativos. O valor unitário dos benefícios utilizado para a piscicultura é de R\$ 634,63/hectare para a média da área superficial de cada reservatório. O Quadro 7.7 mostra os benefícios líquidos para os reservatórios incluídos nos planos.

**Quadro 7.7 – Benefícios Líquidos para a Piscicultura**

<b>Reservatório</b>	<b>Área média (ha)</b>	<b>Benefícios (R\$/ano)</b>
Frecheirinha	615	390.297,45
Fronteiras	2.940	1.865.812,20
Inhuçu	576	365.546,88
Lontras	1.700	1.078.871,00
Taquara	2.000	1.269.260,00

Para cálculo dos benefícios da piscicultura tomou-se como base o plano de peixamento do Açude Rosário, constante no relatório “Projeto Executivo da Barragem do Rosário – Plano de Aproveitamento do Reservatório” (SRH/COGERH/PROURB-CE/ENGESOFTE, 1997). Considerou-se ainda na evolução dos benefícios líquidos da piscicultura, a partir do enchimento do reservatório, que esta atingiria a sua estabilidade somente no 4º ano de exploração. Começa no 3º ano e aumentará ao longo dos próximos 5 anos nas seguintes porcentagens: 83, 93, 94, 99, 100. Continuará no valor integral a partir do 8º ano até o 32º ano. Os valores unitários foram extrapolados para o mês de julho de 2000 com base na variação do IGP-DI.

O seguinte quadro mostra os valores unitários dos benefícios para cada serviço do projeto.

**Quadro 7.8 – Valores Unitários dos Benefícios**

<b>Benefícios do Projeto</b>	<b>Valor Unitário dos Benefícios</b>
Suprimento de água doméstica	R\$ 2,77 o metro cúbico
Suprimento de água para irrigação	<u>Benefício líquido para Projetos de Irrigação:</u> R\$ 3.118,61/hectare/ano <u>Benefício líquido para Irrigação Difusa:</u> R\$ 2.183,03/hectare/ano
Geração de energia hidrelétrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Até 2005: US\$ 45/MWh</li> <li>• De 2006 a 2010: US\$ 50/MWh</li> <li>• De 2011 a 2015: US\$ 55/MWh</li> <li>• De 2016 a 2020: US\$ 60/MWh</li> <li>• De 2021 a 2025: US\$ 65/MWh</li> </ul>
Piscicultura	R\$ 634,63/ha – área média de reservatório

Os Quadros 7.9, 7.10 e 7.11 apresentam a distribuição cronológica dos benefícios, respectivamente, para as alternativas 1,2 e 3, e as participações percentuais de cada uso múltiplo (irrigação, abastecimento humano, piscicultura e geração de energia elétrica) no valor presente dos benefícios.

#### **7.4. RESULTADOS DA ANÁLISE ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS**

Os resultados da análise econômica para cada alternativa são mostrados nos Quadros 7.12, 7.13 e 7.14. O Quadro 7.15 - Análise Econômica Comparativa das Alternativas permite uma visão geral e comparativa dos custos de investimentos, de O&M e de energia, reposições, além dos indicadores econômicos das três alternativas.

Os indicadores contidos no Quadro 7.15 revelam que a alternativa 3 foi a única que se mostrou economicamente viável. Ou seja, a alternativa 3 apresentou um valor presente líquido (VPL) positivo, da ordem de R\$ 5,94 milhões de reais, a preços de julho de 2000, o que foi confirmado pela relação benefício-custo (B/C) de 1,02. Ademais, esta alternativa apresentou uma taxa interna de retorno (TIR) de 12,2%, o que pode ser considerada como muito boa, haja vista não estarem incluídos no valor presente líquido do projeto uma série de benefícios eminentemente sociais, tais como redução da migração pelo aumento da oferta hídrica, diminuição das doenças vinculadas às baixas condições de qualidade da água, diminuição dos gastos públicos com a distribuição de água potável através de carros-pipa e geração de rendas adicionais pela criação de fontes hídricas superficiais, como as agroindústrias, o turismo, etc.

Por outro lado, os outros dois projetos alternativos (Alternativas 1 e 2) mostram-se economicamente inviáveis sob o ponto de vista social quando comparados ao Projeto da

Alternativa 3. As alternativas 1 e 2 apresentaram, respectivamente, um VPL negativo, de aproximadamente R\$ 270 e R\$ 345 milhões de reais, uma relação B/C de 0,5 e 0,7 e uma TIR da ordem de 5,6% e 8,3%, bem abaixo da TIR de 12%. Todos esses indicadores são altamente favoráveis a Alternativa 3, o que implica dizer que o cenário de aproveitamento dos recursos hídricos no Eixo de Integração da Ibiapaba se revelou prioritário ao cenário de desenvolvimento da região sul da bacia do Poti, mais especificamente os municípios Crateús e Novo Oriente, cujas infra-estruturas propostas apresentaram proporcionalmente os maiores benefícios dentre todos os projetos alternativos.

Nas alternativas 1 e 2, contrariamente à alternativa 3, a região da bacia do Poti prioriza a região norte, compreendendo os municípios de Ararendá e Ipaporanga. No entanto, a alternativa 3 abrange a região na bacia do Poti com mais tradição na atividade agrícola, além de beneficiar importantes áreas potenciais para a agricultura irrigada que fazem parte das prioridades da SEAGRI, e recuperar o Projeto Realejo, cuja infra-estrutura está sendo abandonada aos poucos devido seu manancial não oferecer adequadas garantias.

Ressalte-se, ainda, que a bacia do Acaraú não deixa de ser beneficiada na alternativa 3, pois a parcela significativa da irrigação incremental nas três alternativas é suprida pelo sistema Inhuçu/Lontras.

O Quadro 7.16 nos fornece sinteticamente os benefícios e custos de cada alternativa. Os valores apresentados confirmam a viabilidade da alternativa 3 em relação às demais alternativas, principalmente quando se compara os valores dos custos dos investimentos e reinvestimentos por população beneficiada (R\$ 2.838,34 – Alternativa 1, R\$ 2.625,55 – Alternativa 2 e R\$ 1.866,99 – Alternativa 3). A alternativa 3 apresenta ainda a maior área irrigável, enquanto a Alternativa 1, com menor área irrigável, é a que beneficia um maior número de habitantes.

As figuras 7.1, 7.2 e 7.3 apresentam esquematicamente as obras de infra-estrutura hídrica de cada alternativa do eixo de integração associadas aos custos e benefícios gerados.



MONTGOMERY WATSON



## QUADRO 7.9 - FLUXO DE BENEFÍCIOS ALTERNATIVA 1

Ano	Irrigação	Usuários	Piscicultura	Hidrelétrica	TOTAL
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	11.244.129	-	-	11.244.129
4	-	11.462.896	-	-	11.462.896
5	-	11.682.807	6.179.182	4.210.529	22.072.518
6	-	11.903.879	6.923.662	4.210.529	23.038.070
7	-	12.126.131	6.998.110	4.210.529	23.334.770
8	3.536.379	12.466.046	7.370.350	4.210.529	27.583.304
9	7.769.736	12.762.753	7.444.798	4.678.366	32.655.652
10	20.220.319	13.064.463	7.444.798	4.678.366	45.407.945
11	25.522.517	13.371.401	7.444.798	4.678.366	51.017.081
12	26.743.411	13.683.803	7.444.798	4.678.366	52.550.378
13	29.772.143	13.587.581	7.444.798	4.678.366	55.482.887
14	34.777.460	14.340.645	7.444.798	5.146.202	61.709.105
15	39.782.894	15.089.678	7.444.798	5.146.202	67.463.571
16	43.177.093	15.846.742	7.444.798	5.146.202	71.614.835
17	51.749.513	16.612.136	7.444.798	5.146.202	80.952.649
18	54.718.429	17.386.172	7.444.798	5.146.202	84.695.602
19	56.635.309	18.169.174	7.444.798	5.614.039	87.863.319
20	56.635.309	18.961.475	7.444.798	5.614.039	88.655.621
21	60.469.068	19.763.427	7.444.798	5.614.039	93.291.331
22	60.469.068	20.575.389	7.444.798	5.614.039	94.103.293
23	71.970.346	22.087.257	7.444.798	5.614.039	107.116.439
24	71.970.346	22.458.696	7.444.798	6.081.875	107.955.715
25	67.479.704	22.832.945	7.444.798	6.081.875	103.839.321
26	76.654.654	23.210.062	7.444.798	6.081.875	113.391.389
27	76.654.654	23.590.109	7.444.798	6.081.875	113.771.436
28	76.654.654	23.973.146	7.444.798	6.081.875	114.154.473
29	76.654.654	24.359.239	7.444.798	6.081.875	114.540.566
30	76.654.654	24.748.452	7.444.798	6.081.875	114.929.779
31	76.654.654	25.140.851	7.444.798	6.081.875	115.322.178
32	76.654.654	25.536.504	7.444.798	6.081.875	115.717.831
<b>TOTAL</b>	<b>1.319.981.623</b>	<b>532.037.987</b>	<b>206.146.446</b>	<b>148.772.026</b>	<b>2.206.938.082</b>
<b>%</b>	<b>59,8%</b>	<b>24,1%</b>	<b>9,3%</b>	<b>6,7%</b>	<b>100,0%</b>



MONTGOMERY WATSON



## QUADRO 7.10 - FLUXO DE BENEFÍCIOS ALTERNATIVA 2

Ano	Irrigação	Usuários	Piscicultura	Hidrelétrica	TOTAL
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	498.978	15.257.398	-	-	15.756.376
4	748.466	15.569.010	-	-	16.317.476
5	997.955	15.882.046	6.179.182	4.210.529	27.269.712
6	1.247.444	16.196.535	6.923.662	4.210.529	28.578.170
7	1.247.444	16.512.508	6.998.110	4.210.529	28.968.591
8	5.930.349	16.834.977	7.370.350	4.210.529	34.346.204
9	12.345.330	17.201.796	7.444.798	4.678.366	41.670.289
10	21.860.209	17.573.576	7.444.798	4.678.366	51.556.948
11	28.992.678	17.950.508	7.444.798	4.678.366	59.066.349
12	31.466.775	18.332.791	7.444.798	4.678.366	61.922.729
13	42.409.853	18.720.637	7.444.798	4.678.366	73.253.653
14	48.284.971	19.757.168	7.444.798	5.146.202	80.633.138
15	52.973.541	20.799.166	7.444.798	5.146.202	86.363.706
16	62.118.033	21.846.836	7.444.798	5.146.202	96.555.869
17	81.214.842	22.900.390	7.444.798	5.146.202	116.706.231
18	81.214.842	23.960.050	7.444.798	5.146.202	117.765.891
19	81.214.842	25.026.044	7.444.798	5.614.039	119.299.722
20	81.214.842	26.098.610	7.444.798	5.614.039	120.372.288
21	81.214.842	27.177.996	7.444.798	5.614.039	121.451.674
22	81.214.842	28.264.459	7.444.798	5.614.039	122.538.136
23	81.214.842	29.718.879	7.444.798	5.614.039	123.992.557
24	81.214.842	30.119.725	7.444.798	6.081.875	124.861.240
25	81.214.842	30.522.545	7.444.798	6.081.875	125.264.059
26	81.214.842	30.927.382	7.444.798	6.081.875	125.668.897
27	81.214.842	31.334.282	7.444.798	6.081.875	126.075.797
28	81.214.842	31.743.292	7.444.798	6.081.875	126.484.807
29	81.214.842	32.154.460	7.444.798	6.081.875	126.895.974
30	81.214.842	32.567.833	7.444.798	6.081.875	127.309.348
31	81.214.842	32.983.462	7.444.798	6.081.875	127.724.977
32	81.214.842	33.401.399	7.444.798	6.081.875	128.142.914
<b>TOTAL</b>	<b>1.610.559.490</b>	<b>717.335.761</b>	<b>206.146.446</b>	<b>148.772.026</b>	<b>2.682.813.724</b>
<b>%</b>	<b>60,0%</b>	<b>26,7%</b>	<b>7,7%</b>	<b>5,5%</b>	<b>100,0%</b>



MONTGOMERY WATSON



## QUADRO 7.11 - FLUXO DE BENEFÍCIOS ALTERNATIVA 3

Ano	Irrigação	Usuários	Piscicultura	Hidrelétrica	TOTAL
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	498.978	15.257.398	-	-	15.756.376
4	748.466	15.569.010	-	-	16.317.476
5	997.955	15.882.046	3.914.202	4.210.529	25.004.732
6	1.247.444	16.196.535	4.385.792	4.210.529	26.040.301
7	1.247.444	16.512.508	4.432.951	4.210.529	26.403.432
8	6.325.290	16.834.977	4.668.747	4.210.529	32.039.542
9	13.421.063	17.201.796	4.715.906	4.678.366	40.017.130
10	26.462.778	17.573.576	4.715.906	4.678.366	53.430.626
11	33.075.354	17.950.508	4.715.906	4.678.366	60.420.133
12	33.692.839	18.332.791	4.715.906	4.678.366	61.419.901
13	41.284.263	18.720.637	4.715.906	4.678.366	69.399.172
14	48.380.504	19.757.168	4.715.906	5.146.202	77.999.780
15	63.210.898	20.799.166	4.715.906	5.146.202	93.872.172
16	65.666.648	21.846.836	4.715.906	5.146.202	97.375.591
17	69.371.816	22.900.390	4.715.906	5.146.202	102.134.314
18	76.782.153	23.960.050	4.715.906	5.146.202	110.604.311
19	99.013.165	25.026.044	4.715.906	5.614.039	134.369.153
20	99.013.165	26.098.610	4.715.906	5.614.039	135.441.719
21	99.013.165	27.177.996	4.715.906	5.614.039	136.521.105
22	99.013.165	28.264.459	4.715.906	5.614.039	137.607.568
23	99.013.165	29.718.879	4.715.906	5.614.039	139.061.989
24	99.013.165	30.119.725	4.715.906	6.081.875	139.930.671
25	99.013.165	30.522.545	4.715.906	6.081.875	140.333.491
26	99.013.165	30.927.382	4.715.906	6.081.875	140.738.328
27	99.013.165	31.334.282	4.715.906	6.081.875	141.145.228
28	99.013.165	31.743.292	4.715.906	6.081.875	141.554.238
29	99.013.165	32.154.460	4.715.906	6.081.875	141.965.405
30	99.013.165	32.567.833	4.715.906	6.081.875	142.378.779
31	99.013.165	32.983.462	4.715.906	6.081.875	142.794.408
32	99.013.165	33.401.399	4.715.906	6.081.875	143.212.345
<b>TOTAL</b>	<b>1.868.598.199</b>	<b>717.335.761</b>	<b>130.583.432</b>	<b>148.772.026</b>	<b>2.865.289.418</b>
<b>%</b>	<b>65,2%</b>	<b>25,0%</b>	<b>4,6%</b>	<b>5,2%</b>	<b>100,0%</b>





MONTGOMERY WATSON



**QUADRO 7.12 - ANÁLISE ECONÔMICA - ALTERNATIVA 1**  
**(Valores em reais de Julho de 2000)**  
**Taxa de desconto de 12%**

Ano	Custo	Valor Presente Fator	Valor Presente Custo	Benefícios	Valor Presente Benefícios	Valor Presente Líquido Valor	Fluxo de Caixa
1	138.468.276	0,8929	123.632.400	-	-	(123.632.400)	(138.468.276)
2	118.399.422	0,7972	94.387.300	-	-	(94.387.300)	(118.399.422)
3	93.267.358	0,7118	66.385.900	11.244.129	8.003.300	(58.382.600)	(82.023.229)
4	94.487.163	0,6355	60.048.300	11.462.896	7.284.900	(52.763.400)	(83.024.267)
5	99.366.384	0,5674	56.383.200	22.072.518	12.524.500	(43.858.700)	(77.293.866)
6	94.303.173	0,5066	47.776.900	23.038.070	11.671.800	(36.105.100)	(71.265.103)
7	94.913.076	0,4523	42.933.900	23.334.770	10.555.500	(32.378.400)	(71.578.305)
8	12.198.052	0,4039	4.926.600	27.583.304	11.140.400	6.213.800	15.385.252
9	12.198.052	0,3606	4.398.700	32.655.652	11.776.000	7.377.300	20.457.600
10	12.198.052	0,3220	3.927.400	45.407.945	14.620.100	10.692.700	33.209.893
11	12.198.052	0,2875	3.506.600	51.017.081	14.666.200	11.159.600	38.819.030
12	12.198.052	0,2567	3.130.900	52.550.378	13.488.400	10.357.500	40.352.326
13	12.198.052	0,2292	2.795.500	55.482.887	12.715.200	9.919.700	43.284.835
14	12.198.052	0,2046	2.496.000	61.709.105	12.626.900	10.130.900	49.511.053
15	48.068.047	0,1827	8.781.900	67.463.571	12.325.300	3.543.400	19.395.524
16	48.068.047	0,1631	7.840.900	71.614.835	11.681.900	3.841.000	23.546.787
17	12.198.052	0,1456	1.776.600	80.952.649	11.790.300	10.013.700	68.754.597
18	12.198.052	0,1300	1.586.200	84.695.602	11.013.800	9.427.600	72.497.550
19	12.198.052	0,1161	1.416.300	87.863.319	10.201.500	8.785.200	75.665.267
20	12.198.052	0,1037	1.264.500	88.655.621	9.190.600	7.926.100	76.457.569
21	12.198.052	0,0926	1.129.000	93.291.331	8.635.000	7.506.000	81.093.279
22	12.198.052	0,0826	1.008.100	94.103.293	7.776.900	6.768.800	81.905.242
23	12.198.052	0,0738	900.100	107.116.439	7.903.900	7.003.800	94.918.387
24	12.198.052	0,0659	803.600	107.955.715	7.112.300	6.308.700	95.757.664
25	12.198.052	0,0588	717.500	103.839.321	6.108.200	5.390.700	91.641.270
26	12.198.052	0,0525	640.700	113.391.389	5.955.400	5.314.700	101.193.337
27	12.198.052	0,0469	572.000	113.771.436	5.335.100	4.763.100	101.573.384
28	12.198.052	0,0419	510.700	114.154.473	4.779.600	4.268.900	101.956.422
29	12.198.052	0,0374	456.000	114.540.566	4.281.900	3.825.900	102.342.514
30	12.198.052	0,0334	407.100	114.929.779	3.836.100	3.429.000	102.731.727
31	12.198.052	0,0298	363.500	115.322.178	3.436.800	3.073.300	103.124.126
32	12.198.052	0,0266	324.600	115.717.831	3.079.100	2.754.500	103.519.779
<b>Total</b>			<b>547.228.900</b>	<b>2.206.938.082</b>	<b>275.516.900</b>	<b>(271.712.000)</b>	<b>1.097.041.947</b>

<b>RELAÇÃO BENEFÍCIO/CUSTO</b>	<b>0,50</b>
<b>TAXA INTERNA DE RETORNO</b>	<b>5,6%</b>
<b>VALOR PRESENTE LÍQUIDO</b>	<b>(271.712.000)</b>



MONTGOMERY WATSON

**QUADRO 7.13 - ANÁLISE ECONÔMICA - ALTERNATIVA 2**

(Valores em reais de Julho de 2000)

**Taxa de desconto de 12%**

Ano	Custo	Valor Presente Fator	Valor Presente Custo	Benefícios	Valor Presente Benefícios	Valor Presente Líquido Valor	Fluxo de Caixa
1	112.201.147	0,8929	100.179.600	-	-	(100.179.600)	(112.201.147)
2	96.343.515	0,7972	76.804.500	-	-	(76.804.500)	(96.343.515)
3	77.455.169	0,7118	55.131.100	15.756.376	11.215.100	(43.916.000)	(61.698.793)
4	79.146.542	0,6355	50.299.100	16.317.476	10.370.100	(39.929.000)	(62.829.065)
5	85.912.034	0,5674	48.748.800	27.269.712	15.473.600	(33.275.200)	(58.642.321)
6	82.881.320	0,5066	41.990.300	28.578.170	14.478.600	(27.511.700)	(54.303.150)
7	83.727.007	0,4523	37.873.800	28.968.591	13.103.900	(24.769.900)	(54.758.416)
8	16.913.730	0,4039	6.831.200	34.346.204	13.871.900	7.040.700	17.432.474
9	16.913.730	0,3606	6.099.300	41.670.289	15.026.700	8.927.400	24.756.559
10	27.084.872	0,3220	8.720.600	51.556.948	16.600.000	7.879.400	24.472.076
11	27.084.872	0,2875	7.786.300	59.066.349	16.980.200	9.193.900	31.981.477
12	16.913.730	0,2567	4.341.300	61.922.729	15.894.000	11.552.700	45.008.999
13	16.913.730	0,2292	3.876.200	73.253.653	16.787.800	12.911.600	56.339.923
14	16.913.730	0,2046	3.460.900	80.633.138	16.499.100	13.038.200	63.719.408
15	39.283.725	0,1827	7.177.000	86.363.706	15.778.300	8.601.300	47.079.981
16	39.283.725	0,1631	6.408.000	96.555.869	15.750.400	9.342.400	57.272.143
17	16.913.730	0,1456	2.463.400	116.706.231	16.997.600	14.534.200	99.792.501
18	16.913.730	0,1300	2.199.500	117.765.891	15.314.200	13.114.700	100.852.161
19	16.913.730	0,1161	1.963.800	119.299.722	13.851.500	11.887.700	102.385.992
20	27.084.872	0,1037	2.807.800	120.372.288	12.478.600	9.670.800	93.287.416
21	27.084.872	0,0926	2.507.000	121.451.674	11.241.500	8.734.500	94.366.802
22	16.913.730	0,0826	1.397.800	122.538.136	10.126.900	8.729.100	105.624.406
23	16.913.730	0,0738	1.248.000	123.992.557	9.149.200	7.901.200	107.078.827
24	16.913.730	0,0659	1.114.300	124.861.240	8.226.100	7.111.800	107.947.510
25	16.913.730	0,0588	994.900	125.264.059	7.368.400	6.373.500	108.350.329
26	16.913.730	0,0525	888.300	125.668.897	6.600.200	5.711.900	108.755.167
27	16.913.730	0,0469	793.100	126.075.797	5.912.100	5.119.000	109.162.067
28	16.913.730	0,0419	708.200	126.484.807	5.295.800	4.587.600	109.571.077
29	16.913.730	0,0374	632.300	126.895.974	4.743.800	4.111.500	109.982.244
30	16.913.730	0,0334	564.500	127.309.348	4.249.300	3.684.800	110.395.618
31	16.913.730	0,0298	504.100	127.724.977	3.806.400	3.302.300	110.811.247
32	16.913.730	0,0266	450.100	128.142.914	3.409.700	2.959.600	111.229.184
<b>TOTAL</b>			<b>486.965.100</b>	<b>2.682.813.724</b>	<b>346.601.000</b>	<b>(140.364.100)</b>	<b>1.556.879.183</b>

<b>RELAÇÃO BENEFÍCIO/CUSTO</b>	<b>0,71</b>
<b>TAXA INTERNA DE RETORNO</b>	<b>8,3%</b>
<b>VALOR PRESENTE LÍQUIDO</b>	<b>(140.364.100)</b>



### QUADRO 7.14 - ANÁLISE ECONÔMICA - ALTERNATIVA 3

(Valores em reais de Julho de 2000)

Taxa de desconto de 12%

Ano	Custo	Valor Presente Fator	Valor Presente Custo	Benefícios	Valor Presente Benefícios	Valor Presente Líquido Valor	Fluxo de Caixa
1	82.106.239	0,8929	73.309.100	-	-	(73.309.100)	(82.106.239)
2	70.428.317	0,7972	56.145.000	-	-	(56.145.000)	(70.428.317)
3	56.337.204	0,7118	40.099.700	15.756.376	11.215.100	(28.884.600)	(40.580.828)
4	57.446.792	0,6355	36.508.500	16.317.476	10.370.100	(26.138.400)	(41.129.316)
5	61.885.144	0,5674	35.115.300	25.004.732	14.188.400	(20.926.900)	(36.880.412)
6	59.471.954	0,5066	30.130.300	26.040.301	13.192.800	(16.937.500)	(33.431.653)
7	60.026.748	0,4523	27.153.100	26.403.432	11.943.600	(15.209.500)	(33.623.316)
8	11.095.881	0,4039	4.481.400	32.039.542	12.940.200	8.458.800	20.943.661
9	11.095.881	0,3606	4.001.300	40.017.130	14.430.600	10.429.300	28.921.249
10	11.095.881	0,3220	3.572.600	53.430.626	17.203.200	13.630.600	42.334.745
11	11.095.881	0,2875	3.189.800	60.420.133	17.369.300	14.179.500	49.324.252
12	11.095.881	0,2567	2.848.000	61.419.901	15.765.000	12.917.000	50.324.020
13	11.095.881	0,2292	2.542.900	69.399.172	15.904.500	13.361.600	58.303.291
14	11.095.881	0,2046	2.270.400	77.999.780	15.960.300	13.689.900	66.903.899
15	35.547.466	0,1827	6.494.400	93.872.172	17.150.100	10.655.700	58.324.706
16	35.547.466	0,1631	5.798.600	97.375.591	15.884.100	10.085.500	61.828.125
17	11.095.881	0,1456	1.616.100	102.134.314	14.875.300	13.259.200	91.038.433
18	11.095.881	0,1300	1.442.900	110.604.311	14.382.900	12.940.000	99.508.430
19	11.095.881	0,1161	1.288.300	134.369.153	15.601.200	14.312.900	123.273.272
20	11.095.881	0,1037	1.150.300	135.441.719	14.040.800	12.890.500	124.345.838
21	11.095.881	0,0926	1.027.000	136.521.105	12.636.300	11.609.300	125.425.224
22	11.095.881	0,0826	917.000	137.607.568	11.372.200	10.455.200	126.511.687
23	11.095.881	0,0738	818.700	139.061.989	10.261.100	9.442.400	127.966.107
24	11.095.881	0,0659	731.000	139.930.671	9.218.900	8.487.900	128.834.790
25	11.095.881	0,0588	652.700	140.333.491	8.254.900	7.602.200	129.237.610
26	11.095.881	0,0525	582.800	140.738.328	7.391.700	6.808.900	129.642.447
27	11.095.881	0,0469	520.300	141.145.228	6.618.800	6.098.500	130.049.347
28	11.095.881	0,0419	464.600	141.554.238	5.926.800	5.462.200	130.458.357
29	11.095.881	0,0374	414.800	141.965.405	5.307.100	4.892.300	130.869.524
30	11.095.881	0,0334	370.400	142.378.779	4.752.300	4.381.900	131.282.898
31	11.095.881	0,0298	330.700	142.794.408	4.255.500	3.924.800	131.698.527
32	11.095.881	0,0266	295.200	143.212.345	3.810.700	3.515.500	132.116.464
<b>Total</b>	<b>774.002.596</b>		<b>346.283.200</b>	<b>2.865.289.418</b>	<b>352.223.800</b>	<b>5.940.600</b>	<b>2.091.286.822</b>

<b>RELAÇÃO BENEFÍCIO/CUSTO</b>	<b>1,02</b>
<b>TAXA INTERNA DE RETORNO</b>	<b>12,2%</b>
<b>VALOR PRESENTE LÍQUIDO</b>	<b>5.940.600</b>



## QUADRO 7.15 - ANÁLISE ECONÔMICA COMPARATIVA DAS ALTERNATIVAS

### Descrição

<b>ALTERNATIVA</b> →	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>ESTRUTURAS &amp; CUSTOS, R\$ de Julho de 2000</b>			
Açude Paula Pessoa	6.448.940	6.448.940	6.448.940
Açude Frecheirinha	19.555.040	19.555.040	19.555.040
Adução Jaburu I	-	9.298.984	9.298.984
Sistema de Adução e Distribuição do Aç. P. Pessoa p/ Mancha de C	12.001.500	12.001.500	12.001.500
Sistema de Adução e Distribuição do Aç. Frecheirinha p/ Mancha de	7.818.120	7.818.120	7.818.120
Sistema de Distribuição de Água Potável - S. Norte	472.437	472.437	472.437
Medidas de Proteção Ambiental - S. Norte	4.096.769	4.096.769	4.096.769
Açude Inhuçu	41.496.960	41.496.960	41.496.960
Açude Lontras	16.691.920	16.691.920	16.691.920
Hidrelétrica, incluindo túnel de 18 km	44.739.991	44.739.991	44.739.991
Adução Ararendá/Ipaorangá/Nova Russas	-	-	23.252.179
Adução de Nova Russas	-	6.964.380	-
Açude Taquara	23.000.000	23.000.000	23.000.000
Sistema de Distribuição de Água Potável - S. Centro	4.755.077	4.755.077	4.755.077
Medidas de Proteção Ambiental - S. Centro	8.352.162	8.352.162	8.352.162
Açude Fronteiras	28.066.272	28.066.272	28.066.272
Captação do Canal Poti Sul	-	19.675.665	60.477.511
Estação de Bombeamento EB - 3	-	-	4.163.178
Canal Poti Sul	-	16.167.583	78.952.265
Captação do Canal Norte	38.112.611,37	33.254.799	-
Canal Norte	404.810.635,97	244.433.178	-
Sistema de Distribuição de Água Potável - S. Sul	-	248.555	248.555
Medidas de Proteção Ambiental - S. Sul	10.869.366	10.869.366	10.869.366
Estradas de acesso	2.625.000	2.625.000	3.000.000
<b>TOTAL DOS INVESTIMENTOS</b>	<b>673.912.801</b>	<b>561.032.698</b>	<b>407.757.227</b>
<b>CUSTOS ANUAIS</b>			
O&M	6.892.919	4.720.990	4.077.572
Energia	5.305.133	12.192.740	7.018.309
<b>REPOSIÇÕES</b>			
Ano 15-16	35.869.996	10.171.142	24.451.585
<b>ANÁLISE ECONÔMICA</b>			
<b>BENEFÍCIOS ANUAIS A 12% a.a.</b>	<b>275.516.900</b>	<b>346.601.000</b>	<b>352.223.800</b>
<b>RELAÇÃO BENEFÍCIO/CUSTO A 12% a.a.</b>	<b>0,50</b>	<b>0,71</b>	<b>1,02</b>
<b>TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)</b>	<b>5,6%</b>	<b>8,3%</b>	<b>12,2%</b>
<b>VALOR PRESENTE LÍQUIDO A 12% a.a.</b>	<b>-271.712.000</b>	<b>-140.364.100</b>	<b>5.940.600</b>



MONTGOMERY WATSON



**QUADRO 7.16 - Síntese dos Benefícios e Custos das Alternativas Estudadas**

ALTERNATIVA	POPULAÇÃO BENEFICIADA	ÁREA IRRIGÁVEL (em ha)	INVEST. E REINVESTIMENTOS (R\$ 1.000)	VP DOS BENEFÍCIOS (R\$ 1.000)	VP DOS CUSTOS (R\$ 1.000)	CUSTOS DOS INVESTIMENTOS POR POPULAÇÃO BENEFICIADA (R\$ 1,00/hab.)	TAXA INTERNA DE RETORNO (%)
1	268.126	28.481	761.031,86	275.516,90	547.228,90	2.838,34	5,6
2	244.597	28.040	642.201,86	346.601,00	486.965,10	2.625,55	8,3
3	244.597	33.254	456.660,39	352.223,80	346.283,20	1.866,99	12,2



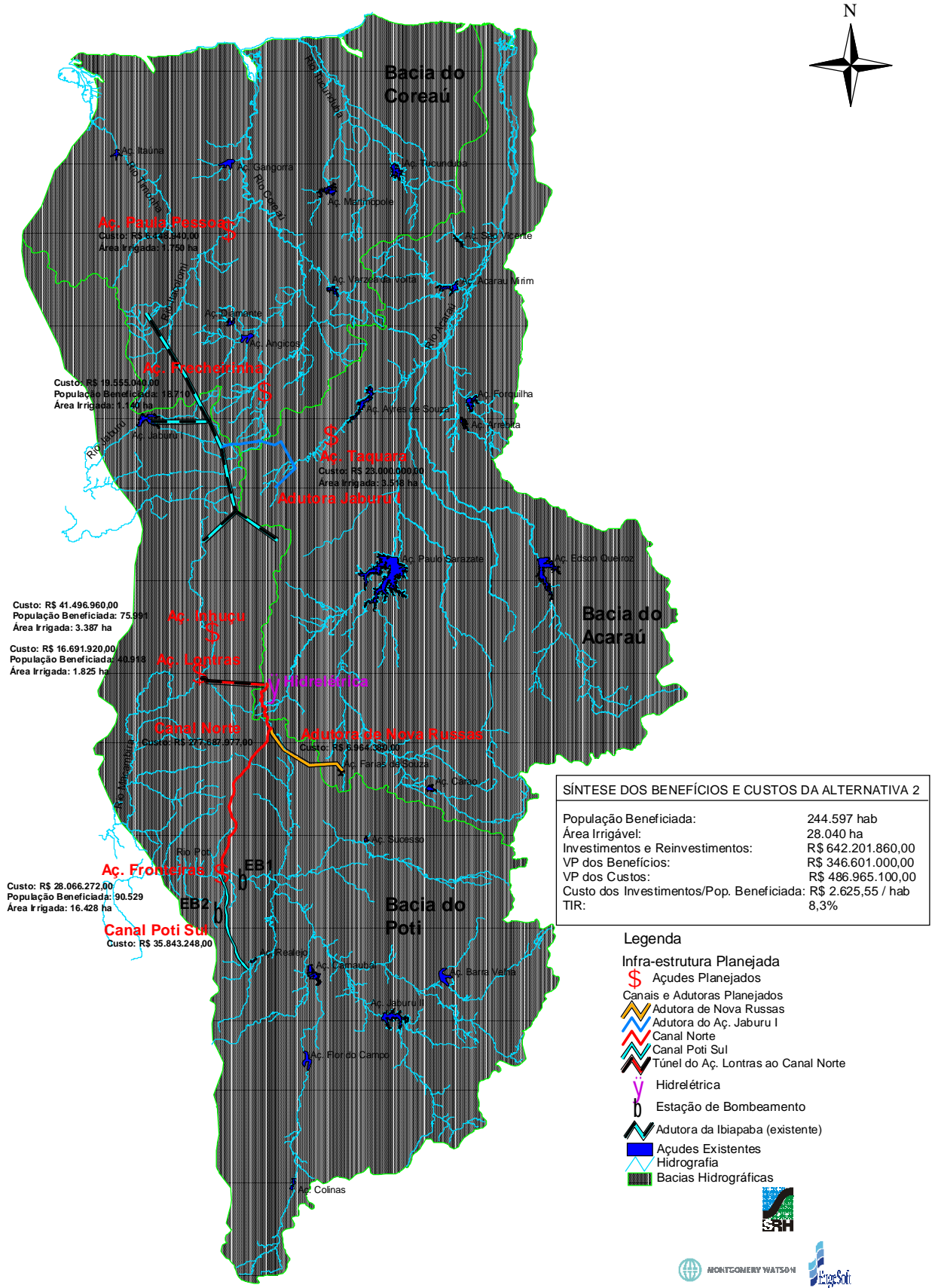


Figura 7.2: Infra-estrutura Hídrica Planejada da Alternativa 2 para o Eixo de Integração da Ibiapaba e Respective Custos e Benefícios

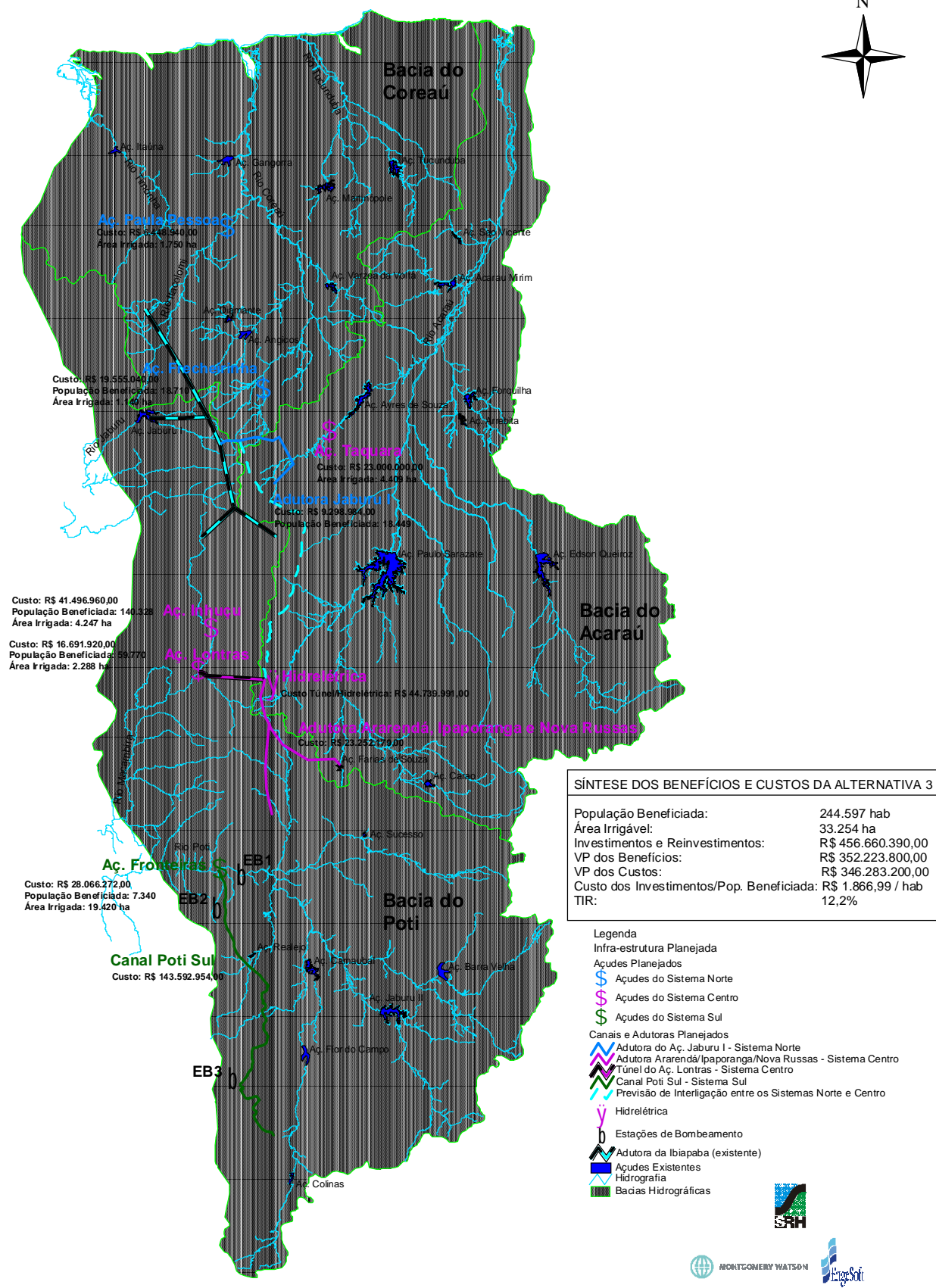


Figura 7.3: Infra-estrutura Hídrica Planejada da Alternativa 3 para o Eixo de Integração da Ibiapaba e Respectivos Custos e Benefícios





MONTGOMERY WATSON



## **8. SELEÇÃO DA MELHOR ALTERNATIVA**

---

## **8. SELEÇÃO DA MELHOR ALTERNATIVA**

### **8.1. INTRODUÇÃO**

Este capítulo aborda a metodologia empregada para a escolha da alternativa mais viável, levando-se em consideração os aspectos técnicos, ambientais, econômico-financeiros, sociais e institucionais. A metodologia escolhida baseia-se em um método simples de avaliação através de uma matriz ponderada, pois acredita-se que métodos mais sofisticados têm a tendência de abranger muitos critérios, complicando a análise e deixando-a menos transparente. Além disso, a utilização de um método mais sofisticado não irá alterar o resultado com relação a alternativa a ser escolhida.

### **8.2. METODOLOGIA ADOTADA PARA ESCOLHA DA ALTERNATIVA**

Um sistema de hierarquização foi desenvolvido na avaliação das alternativas, no qual foram analisados os aspectos Técnico, Ambiental, Econômico-financeiro, Social e Institucional. Para cada aspecto considerado, foram avaliados os critérios considerados mais importantes numa análise deste tipo. A cada critério são atribuídas notas cuja metodologia de cálculo está descrita no item 8.3, variando de no mínimo 0 (zero) para as características desfavoráveis à um valor máximo de 5 (cinco) para as características favoráveis. No item 8.4 é apresentada as notas obtidas para cada critério em cada alternativa.

A ponderação de cada aspecto para a escolha da alternativa é função de sua importância relativa. Para que a simplicidade da metodologia empregada não interferisse no resultado final da alternativa escolhida, decidiu-se por realizar um estudo de análise de sensibilidade para definição dos pesos para cada aspecto e, conseqüentemente, para cada critério. O item 8.5 apresenta a análise de sensibilidade realizada para a matriz de decisão definida.

Na Quadro 8.1, a seguir, é apresentada a matriz de decisão, na qual são listados os critérios avaliados em cada aspecto.

**Quadro 8.1: Matriz de Decisão Utilizada - Aspectos Analisados e Respective Critérios**

ASPECTO	CRITÉRIO
1. Técnico	1.1. Volume Incremental Proporcionado por Cada Alternativa
	1.2. Nível de Distribuição Equitativa das Vazões Incrementais nas Três Bacias
	1.3. Complexidade da Operação e Manutenção
	1.4. Capacidade de Pronto Atendimento
	1.5. Irrigação de Áreas Potenciais que já Têm Algum Tipo de Estudo
2. Ambiental	2.1. Impactos sobre Área de Preservação Ambiental
	2.2. Proliferação de Doenças de Veiculação Hídrica
	2.3. Incremento a Poluição Hídrica
	2.4. Possibilidade de Salinização dos Reservatórios
	2.5. Efeitos sobre a Flora e a Fauna
	2.6. Impactos Hidromorfológicos
3. Econômico-Financeiro	3.1. Valor Presente Líquido
	3.2. Investimento Inicial
	3.3. Risco de Falha na Geração dos Benefícios de Irrigação
4. Social	4.1. Necessidade de Reassentamento da População
	4.2. Aproveitamento dos Recursos Edáficos Locais
	4.3. Submersão de Solo Agricultáveis
	4.4. Crise Atual do Abastecimento
	4.5. Número de Pessoas Beneficiadas
	4.6. Nível de Desapropriação
5. Institucional	5.1. Políticas Específicas do Governo
	5.2. Organização Local

### 8.3. DESCRIÇÃO DOS CRITÉRIOS ADOTADOS

#### 8.3.1. Critérios Para o Aspecto Técnico

##### 8.3.1.1. Volume Incremental Proporcionado por Cada Alternativa

O incremento das vazões regularizadas pelos açudes planejados para cada alternativa do eixo de integração é avaliado neste critério. Aquela alternativa cujos reservatórios planejados, juntos, proporcionarem o maior incremento total de vazão regularizada para o conjunto das três bacias terá nota máxima, ou seja, 5 (cinco). A alternativa que proporcionar o menor incremento de vazão regularizada para o conjunto das três bacias terá nota mínima, ou seja, 0 (zero). A alternativa de vazão incremental ao sistema intermediária terá sua nota calculada por interpolação entre os valores máximo e mínimo.

### 8.3.1.2. Nível de Distribuição Equitativa das Vazões Incrementais nas Três Bacias

A finalidade deste critério é avaliar o nível de distribuição da vazão incremental entre as 3 (três) bacias hidrográficas alcançado pelas infra-estruturas propostas, barragens e sistemas de adução, de forma que quanto mais equitativa for a distribuição, melhor é para o gerenciamento integrado dos recursos hídricos da região.

Avaliou-se este critério de acordo com a seguinte metodologia:

i) calcula-se para cada bacia hidrográfica a vazão regularizada média incremental devido às infra-estruturas planejadas de cada alternativa, ou seja, quanto de vazão regularizada cada alternativa está adicionando a cada bacia, informação esta obtida da simulação do HEC-3 para cada alternativa. Tem-se então os valores:  $Q_{reg1\_Acaráú}$ ,  $Q_{reg1\_Coreaú}$  e  $Q_{reg1\_Poti}$ , para a Alternativa 1;  $Q_{reg2\_Acaráú}$ ,  $Q_{reg2\_Coreaú}$  e  $Q_{reg2\_Poti}$ , para a Alternativa 2; e  $Q_{reg3\_Acaráú}$ ,  $Q_{reg3\_Coreaú}$  e  $Q_{reg3\_Poti}$ , para a Alternativa 3;

ii) calcula-se a vazão regularizada média incremental total devido às infra-estruturas planejadas para cada alternativa, ou seja, calculam-se os seguintes valores:

- $Q_{reg\_med1} = \Sigma (Q_{reg1\_Acaráú} , Q_{reg1\_Coreaú} , Q_{reg1\_Poti})/3;$
- $Q_{reg\_med2} = \Sigma (Q_{reg2\_Acaráú} , Q_{reg2\_Coreaú} , Q_{reg2\_Poti})/3;$
- $Q_{reg\_med3} = \Sigma (Q_{reg3\_Acaráú} , Q_{reg3\_Coreaú} , Q_{reg3\_Poti})/3;$

iii) calcula-se o desvio padrão da vazão regularizada média incremental de cada bacia (i) em relação a vazão regularizada média incremental total de cada alternativa, ou seja, calcula-se:

- $DP (Q_{reg1\_Acaráú} , Q_{reg1\_Coreaú} , Q_{reg1\_Poti});$
- $DP (Q_{reg2\_Acaráú} , Q_{reg2\_Coreaú} , Q_{reg2\_Poti});$
- $DP (Q_{reg3\_Acaráú} , Q_{reg3\_Coreaú} , Q_{reg3\_Poti});$

iv) atribui-se a pontuação de forma que a alternativa que fornecer a distribuição mais equitativa entre as 3 (três) bacias, ou seja, menor desvio padrão, terá a pontuação máxima (5), e a de pior distribuição, maior desvio padrão, terá pontuação mínima (0). A nota da alternativa de distribuição intermediária será calculada por interpolação entre os valores máximos e mínimos.

### 8.3.1.3. Complexidade da Operação e Manutenção

O nível de complexidade na operação e manutenção das infra-estruturas de cada alternativa dependerá muito do tipo e porte das instalações requeridas. A análise deste critério é importante, pois quanto mais complexo o sistema, maiores serão os problemas relacionados à operacionalidade e manutenção das instalações, requerendo pessoal mais especializado e dificultando reposição de peças. A avaliação deste critério se deu de acordo com o tipo e quantidade das instalações em cada alternativa, adotando-se a seguinte metodologia:

i) a pontuação de acordo com o tipo de infra-estrutura se deu de forma que, quanto mais complexa a operação e manutenção maior a pontuação:

<b>Tipo de Instalação</b>	<b>Pontuação Unitária</b>
Adutora	1,50/100km
Barragem	1/un
Canal	3,00/100km
Estação de Bombeamento	3/un
Hidrelétrica	5/un
Túnel	1,00/100km

ii) calcula-se a pontuação total de cada alternativa pelo somatório da composição da pontuação unitária e pelo número de instalações;

iii) a alternativa que obtiver pontuação máxima terá nota 0 (zero) enquanto que a alternativa que obtiver pontuação mínima terá nota 5 (cinco). A alternativa de pontuação intermediária terá sua nota calculada por interpolação entre os valores máximos e mínimos.

#### 8.3.1.4. Capacidade de Pronto Atendimento

O objetivo da análise deste critério é levar em consideração o cronograma de implantação de cada obra e respectiva capacidade de atendimento imediato. Este fator é importante, uma vez que as demandas, especialmente as humanas que estão em crise atual de abastecimento, necessitam que as soluções propostas tenham efeito imediato, amenizando o mais rápido possível os problemas de déficits hídricos já existentes. Dessa forma, analisou-se as alternativas sob o ponto de vista da captação dos sistemas de adução. Aquelas que propõem soluções para as demandas em crise atual captando a partir de fontes hídricas já existentes têm melhor pontuação, pois a água já está disponível e mais imediato será a viabilização do abastecimento de fato. No entanto as alternativas que envolvem a construção de açudes de grande porte necessitam de mais tempo para os projetos, construção, acumulação de água até a efetiva operação, e, portanto, terão pontuação menor.

Para uma quantificação deste critério analisou-se os seguintes elementos:

- i) listou-se os municípios que estão em situação mais crítica de oferta hídrica atualmente, de acordo com o balanço hídrico para o ano 2.000 elaborado na Fase III deste projeto;
- ii) listou-se as possíveis fontes hídricas, existentes ou planejadas, consideradas nas 3 (três) alternativas para o abastecimento dos municípios identificados no item i);
- iii) listou-se os possíveis sistemas de adução, existentes ou não, considerados nas 3 (três) alternativas para o abastecimento dos municípios identificados no item i);
- iv) a cada reservatório e sistema de adução atribuiu-se notas, baseando-se na complexidade de construção. A complexidade da construção foi avaliada de acordo com o orçamento do anteprojeto das barragens, canais e adutoras;
- v) para cada município listado no item i) tem-se uma combinação de fonte hídrica + sistema de adução para cada alternativa. A nota da combinação do sistema é dada pela média das notas atribuídas no item iv) para cada município em cada alternativa;
- vi) a nota final de cada alternativa é dada pela média das notas da combinação do sistema, calculadas no item anterior.

### 8.3.1.5. Irrigação de Áreas Potenciais que já Têm Algum Tipo de Estudo

Dentre as áreas potenciais para o desenvolvimento da agricultura irrigada há a diferenciação entre a irrigação difusa e os perímetros ou projetos de irrigação. Estes são áreas, geralmente, que já têm algum tipo de estudo ou que estão contempladas no planejamento para implantação futura pela SEAGRI - Secretaria de Agricultura Irrigada do Estado. A irrigação difusa trata das áreas privadas e manchas de solos potenciais identificadas nas bacias, podendo estas também já terem sido estudadas anteriormente. Um detalhamento maior sobre as áreas potenciais de irrigação difusas e os perímetros de irrigação pode ser encontrado no Volume 2 - Estudos de Demanda, Fase II.

Este critério surge do fato de que áreas irrigadas que já têm algum tipo de estudo, ou viabilidade, ou executivo, ou preliminar, têm maior probabilidade de sua viabilização, uma vez que se tem já documentado estudos sobre a área e algumas etapas iniciais de projeto já foram vencidas. Além disso, aquelas áreas que estão em estudo pela SEAGRI têm maior prioridade devido o interesse deste órgão.

A metodologia proposta para avaliação deste critério é a seguinte:

- i) a pontuação para as áreas a serem irrigadas em cada alternativa de acordo com o nível de estudo das mesmas seguiu a tabela abaixo:

Classe	Classificação das áreas potenciais de irrigação	Pontuação Unitária
1	- em estudo pela SEAGRI	5
2	- com algum tipo de estudo (viabilidade ou executivo)	3
3	- sem nenhum tipo de estudo	0

- ii) em cada alternativa faz-se a classificação das áreas a serem irrigadas de acordo com a tabela apresentada no item anterior;

a nota final de cada alternativa será uma média ponderada das notas individuais das áreas a serem irrigadas em função da quantidade de hectares.

Deseja-se com este critério priorizar as áreas que já sofreram algum tipo de estudo anterior, além de considerar os interesses do órgão do Estado responsável por esta atividade.

### **8.3.2 Critérios Para o Aspecto Ambiental**

Os critérios ambientais, sua pontuação e pesos foram discutidos detalhadamente no capítulo 6, tendo sido listados na Quadro 8.1. Avaliando-se as alternativas somente do ponto de vista ambiental, chega-se a conclusão de que a alternativa 3 foi a que apresentou melhor nível de pontuação, atingindo 18 pontos, em contrapartida, as alternativas 1 e 2 obtiveram, respectivamente, 15 e 13 pontos.

### **8.3.3. Critérios Para o Aspecto Econômico-Financeiro**

Para a análise econômico-financeira dentro da matriz de decisão foram selecionados 3 critérios, os quais representam bem a rentabilidade do projeto, o custo do investimento inicial e os riscos envolvidos na consideração dos benefícios relativos a irrigação. As informações utilizadas para a avaliação destes critérios foram retiradas do capítulo 7 – Análise Econômica das Alternativas.

#### **8.3.3.1. Valor Presente Líquido (VPL)**

Utilizou-se o VPL calculado para uma taxa interna de retorno de 12% a.a., apresentado no capítulo 7 (quadro 7.15), para avaliar a rentabilidade possível de ser proporcionada por cada alternativa. A alternativa que apresenta maior VPL terá a maior nota (cinco), enquanto que àquela que apresentar menor VPL será atribuída a nota mínima (zero). A alternativa de VPL intermediário terá sua nota calculada por interpolação entre os valores máximos e mínimos.

#### **8.3.3.2. Investimento Inicial**

O custo do investimento inicial para a implantação das infra-estruturas propostas por cada alternativa é avaliado de forma que, aquela alternativa que apresentar o maior investimento inicial terá nota mínima (zero), enquanto que àquela que apresentar menor investimento inicial será atribuída a nota máxima (cinco). A alternativa de investimento inicial intermediário terá sua nota calculada por interpolação entre os valores máximos e mínimos.

#### **8.3.3.3. Risco de Falha na Geração dos Benefícios de Irrigação**

Neste critério avalia-se o risco envolvido nos benefícios gerados pela irrigação. Isto porque, no estudo econômico das alternativas, leva-se em consideração os benefícios advindos da implantação das novas áreas irrigadas por cada alternativa, no entanto, existe sempre um fator de risco da totalidade das áreas propostas não serem efetivamente implantadas.



Para se valorar o risco de falha na geração dos benefícios da irrigação, baseou-se na distribuição do total de áreas novas a serem irrigadas por cada alternativa nos níveis de estudo a que já foram submetidas. Sendo assim, as áreas irrigadas que já têm algum tipo de estudo, ou viabilidade, ou executivo, ou preliminar, têm maior probabilidade de sua viabilização, uma vez que se tem documentado estudos sobre a área e algumas etapas iniciais de projeto já foram vencidas. Além disso, aquelas áreas que estão em estudo pela SEAGRI têm maior prioridade devido o interesse deste órgão.

A metodologia proposta para avaliação deste critério é a seguinte:

- i) por alternativa calcula-se o total de hectares para cada classe de nível de estudo, de acordo com o quadro abaixo:

Classe	Classificação das áreas potenciais de irrigação
1	- em estudo pela SEAGRI
2	- com algum tipo de estudo (viabilidade ou executivo)
3	- sem nenhum tipo de estudo

- ii) calcula-se o valor percentual de hectares para cada classe do quadro anterior por alternativa;
- iii) à alternativa que tiver o maior percentual de novas áreas de irrigação nas classes 1 e 2 será atribuída nota máxima (cinco). A alternativa que tiver o maior percentual de novas áreas de irrigação na classe 3 terá a nota mínima (zero). A alternativa de classificação intermediária terá sua nota calculada por interpolação entre os valores máximos e mínimos.

#### **8.3.4. Critérios Para o Aspecto Social**

Os critérios considerados na avaliação dos impactos sociais foram discutidos exaustivamente no capítulo 6, tendo sido apontada como a alternativa de melhor situação a 3, atingindo esta 21 pontos, tendo suplantado a Alternativa 1, a qual totalizou 20 pontos, apenas no quesito "Aproveitamento dos Recursos Edáficos Locais" devido apresentar área com potencial hidroagrícola e conseqüente geração de empregos superiores a esta. A Alternativa 2 foi a que se mostrou menos favorável do ponto de vista social, obtendo 19 pontos.

O Quadro 8.1 lista os critérios analisados segundo o aspecto social.

### **8.3.5. Critérios Para o Aspecto Institucional**

#### **8.3.5.1. Políticas Específicas do Governo**

Este critério está envolvido com os objetivos gerais da política do governo estadual para com o desenvolvimento da região. Foi realizada, aqui, uma análise mais subjetiva de acordo com opiniões colhidas junto a própria SRH com relação às prioridades nas políticas públicas para a região. Dessa forma, analisou-se as alternativas segundo as seguintes diretrizes: a alternativa mais interessante do ponto de vista da política do governo é aquela que atende em menor espaço de tempo as áreas críticas atuais de abastecimento, proporcionando concomitantemente o desenvolvimento econômico da região, seja através da agricultura irrigada ou da indústria e turismo, e que produza a melhor rentabilidade econômica do projeto. As três alternativas foram avaliadas segundo essas diretrizes.

#### **8.3.5.2. Organização Local**

A organização local é analisada segundo o nível de interferência que as reivindicações das comunidades durante as reuniões nas três bacias produziram sobre as obras propostas nas alternativas planejadas. Sendo assim, listou-se as principais reivindicações das comunidades locais e verificou-se se estava contemplada ou não em cada alternativa. Aquela alternativa que contemplar o maior número de reivindicações tem a nota máxima (cinco), enquanto que aquela que contemplar o menor número de reivindicações tem a nota mínima (zero). A alternativa que contemplar um número intermediário de reivindicações terá sua nota calculada por interpolação entre os valores máximos e mínimos.

## **8.4. RESULTADOS DA ESCOLHA DA ALTERNATIVA**

### **8.4.1. Resultados para o Aspecto Técnico**

#### **8.4.1.1. Volume Incremental Proporcionado por Cada Alternativa**

Todas as alternativas propostas, 1, 2 e 3, apresentam o mesmo volume incremental ao sistema como um todo. Isto porque, as novas obras de reservação, quais sejam, Frecheirinha, Fronteiras, Inhuçu, Lontras, Paula Pessoa e Taquara, aparecem igualmente nas três

alternativas, proporcionando um volume incremental de 539,3 hm<sup>3</sup>/ano. Sendo assim, a nota para cada uma das alternativas na matriz de decisão foi 5.

#### 8.4.1.2. Nível de Distribuição Equitativa das Vazões Incrementais nas Três Bacias

A vazão média regularizada incremental por cada alternativa em cada bacia hidrográfica foi obtida a partir das simulações no HEC-3, sendo apresentadas nos Quadros 8.2 a 8.4 a seguir.

**Quadro 8.2: Distribuição das Vazões Regularizadas por bacia para a Alternativa 1**

Infra-estrutura Hídrica Planejada		Vazão Regularizada Média Incremental (m <sup>3</sup> /s)		
Fonte Hídrica	Sistema de Adução	Acaraú	Coreaú	Poti
Aç. Fronteiras	Canal Norte	2,9	-	6,1
Sistema Inhuçu/Lontras	Túnel/Canal Norte	2,5	1,3	0,2
Aç. Taquara	-	1,9		
Aç. Frecheirinha	-		0,5	
Aç. Paula Pessoa	-		1,7	
<b>Total</b>		<b>7,3</b>	<b>3,5</b>	<b>6,3</b>

**Quadro 8.3: Distribuição das Vazões Regularizadas por bacia para a Alternativa 2**

Infra-estrutura Hídrica Planejada		Vazão Regularizada Média Incremental (m <sup>3</sup> /s)		
Fonte Hídrica	Sistema de Adução	Acaraú	Coreaú	Poti
Aç. Fronteiras	Canal Norte	0,9	-	8,1
Sistema Inhuçu/Lontras	Túnel/Canal Norte	3,8	-	0,2
Aç. Taquara	-	1,9	-	-
Aç. Frecheirinha	-	-	0,5	-
Aç. Paula Pessoa	-	-	1,7	-
Aç. Jaburu I	Adutora do Aç. Jaburu I	0,2	-	-
<b>Total</b>		<b>6,8</b>	<b>2,2</b>	<b>8,3</b>

**Quadro 8.4: Distribuição das Vazões Regularizadas por bacia para a Alternativa 3**

Infra-estrutura Hídrica Planejada		Vazão Regularizada Média Incremental (m <sup>3</sup> /s)		
Fonte Hídrica	Sistema de Adução	Acaraú	Coreaú	Poti
Aç. Fronteiras	Canal Norte	-	-	9,0
Sistema Inhuçu/Lontras	Túnel/Canal Norte	3,8	-	0,2
Aç. Taquara	-	1,9	-	-
Aç. Frecheirinha	-	-	0,5	-
Aç. Paula Pessoa	-	-	1,7	-
Aç. Jaburu I	Adutora do Aç. Jaburu I	0,2	-	-
<b>Total</b>		<b>5,9</b>	<b>2,2</b>	<b>9,2</b>

Uma vez conhecida a distribuição das vazões regularizadas médias por bacia, calculou-se o Desvio Padrão e respectiva pontuação para cada alternativa, conforme explicado no item 8.3.1.2. Os resultados são apresentados no Quadro 8.5.

**Quadro 8.5: Resultado da Análise Referente ao Nível de Distribuição Equitativa das Vazões Incrementais nas Três Bacias**

Alternativas	Acaraú	Coreaú	Poti	Desvio Padrão	Notas
Alternativa 1	7,3	3,5	6,3	1,97	5
Alternativa 2	6,8	2,2	8,3	3,18	1,1
Alternativa 3	5,9	2,2	9,2	3,50	0

#### 8.4.1.3. Complexidade da Operação e Manutenção

De acordo com o já descrito no item 8.3.1.3, foram determinadas as notas para cada alternativa em função da complexidade de operação e manutenção das infra-estruturas propostas. Neste caso, foram aplicadas a pontuação unitária sobre a quantidade e tipo de obras de cada alternativa, sendo que quanto maior a pontuação, maior a complexidade de operação e manutenção. O Quadro 8.6, a seguir, apresenta o cálculo da pontuação de cada alternativa.

**Quadro 8.6: Resultado da Pontuação devido a Complexidade de Operação e Manutenção das Obras de Cada Alternativa**

Ítems	Tipos e Número de Infra-estruturas						Pontuação Final
	Barragens (un)	Estação de Bombeamento (un)	Hidrelétrica (un)	Adutora (100 Km)	Canal (100 Km)	Túnel (100 km)	
Pontuação Unitária	1	5	6	1,5	3,0	1,0	-
Alternativa 1	6	1	1	0	2,127	0,18	23,561
Alternativa 2	6	2	1	0,644	1,268	0,18	26,950
Alternativa 3	6	3	1	1,412	1,077	0,18	32,529

Conclui-se de acordo com o Quadro 8.6 que a Alternativa 3 é a mais complexa em termos de operação, o que é justificado pelo maior número de estações de bombeamento, principalmente. À Alternativa 3 é atribuída, portanto, nota 0 (zero), enquanto que a Alternativa 1, devido ter obtido a menor pontuação, atribui-se a nota máxima 5, e por fim, a Alternativa 2 obteve nota igual a 3,11.

#### 8.4.1.4. Capacidade de Pronto Atendimento

A análise deste critério, como descrito anteriormente, destina-se a levar em consideração a rapidez com que a infra-estrutura planejada é capaz de atender os municípios que já enfrentam atualmente crises em seu abastecimento. Para isto, foi avaliado a complexidade da construção de obras de armazenamento e adução, tendo sido atribuído as seguintes notas:

Para Reservatórios:

Obra	Nota
Aç. Jaburu I	5
Aç. Paula Pessoa	4
Aç. Fronteiras	3
Aç. Inhuçu	1
Aç. Lontras	1
Aç. Frecheirinha	0

Para Adutoras e Canais:

Obra	Nota
Canal Norte - Alternativa 1	0
Canal Norte - Alternativa 2	1
Túnel	1
Canal Poti Sul - Alternativa 2	3
Canal Poti Sul - Alternativa 3	2
Adutora do Aç. Jaburu I	5
Adutora Ararendá/Ipaporanga/Ipueiras /Nova Russas	4
Adutora de Nova Russas	4

Os Quadros 8.7 a 8.9 apresentam as notas calculadas para os sistemas fonte hídrica + adução para cada município em situação crítica atualmente, apresentando ao final a nota obtida por cada alternativa com relação ao critério avaliado.

**Quadro 8.7: Cálculo das Notas dos Sistemas Fonte hídrica + Adução para cada município em situação crítica atualmente, para Alternativa 1**

Município	Infra-estrutura Hídrica Planejada		Média das Notas p/ o Sistema
	Fonte Hídrica	Adução	
Ararendá	Aç. Fronteiras	Canal Norte	1,5
Croatá	Aç. Inhuçu	-	3,0
Frecheirinha	Aç. Frecheirinha	-	0,0
Graça	Aç. Inhuçu e Lontras	Túnel/Canal Norte	0,75
Ipaporanga	Aç. Fronteiras	Canal Norte	1,5
Ipueiras	Aç. Inhuçu e Lontras	Túnel/Canal Norte	0,75
Mucambo	Aç. Inhuçu e Lontras	Túnel/Canal Norte	0,75
Pacujá	Aç. Inhuçu e Lontras	Túnel/Canal Norte	0,75
<b>Média</b>	-	-	<b>1,125</b>

**Quadro 8.8: Cálculo das Notas dos Sistemas Fonte hídrica + Adução para cada município em situação crítica atualmente, para Alternativa 2**

Município	Infra-estrutura Hídrica Planejada		Média das Notas p/ o Sistema
	Fonte Hídrica	Adução	
Ararendá	Aç. Fronteiras	Canal Norte	2,0
Croatá	Aç. Inhuçu	-	3,0
Frecheirinha	Aç. Frecheirinha	-	0,0
Graça	Aç. Jaburu I	Adutora do Aç. Jaburu I	4,5
Ipaporanga	Aç. Fronteiras	Canal Norte	2,0
Ipueiras	Aç. Inhuçu e Lontras	Túnel/Canal Norte	1,0
Mucambo	Aç. Jaburu I	Adutora do Aç. Jaburu I	4,5
Pacujá	Aç. Jaburu I	Adutora do Aç. Jaburu I	4,5
<b>Média</b>	-	-	<b>2,688</b>

**Quadro 8.9: Cálculo das Notas dos Sistemas Fonte hídrica + Adução para cada município em situação crítica atualmente, para Alternativa 3**

Município	Infra-estrutura Hídrica Planejada		Média das Notas p/ o Sistema
	Fonte Hídrica	Adução	
Ararendá	Aç. Inhuçu e Lontras	Adutora de Ararendá/Ipaporanga/Nova Russas	3,0
Croatá	Aç. Inhuçu	-	3,0
Frecheirinha	Aç. Frecheirinha	-	0,0
Graça	Aç. Jaburu I	Adutora do Aç. Jaburu I	4,5
Ipaporanga	Aç. Inhuçu e Lontras	Adutora de Ararendá/Ipaporanga/Nova Russas	3,0
Ipueiras	Aç. Inhuçu e Lontras	Túnel	1,0
Mucambo	Aç. Jaburu I	Adutora do Aç. Jaburu I	4,5
Pacujá	Aç. Jaburu I	Adutora do Aç. Jaburu I	4,5
<b>Média</b>	-	-	<b>2,938</b>

Conclui-se pela avaliação deste critério que a Alternativa 3 é a que apresenta as melhores condições para o atendimento imediato dos municípios que apresentam déficits hídricos atualmente, tendo sido atribuído a mesma, portanto, nota 5. A alternativa 1 foi a que

apresentou a situação mais desfavorável para atendimento dos municípios atualmente em crise, atribuindo-se neste caso a nota 0. Já a Alternativa 2 obteve nota igual a 4,31.

#### 8.4.1.5. Irrigação de Áreas Potenciais que já Têm Algum Tipo de Estudo

O cálculo da nota deste critério foi feita de forma a atribuir-se às áreas irrigadas pontuação de acordo com os níveis de estudos já desenvolvidos para cada área potencial. As notas foram ainda ponderadas de acordo com a quantidade de hectares a serem irrigados. Os Quadros 8.10 a 8.12 apresentam o cálculo da pontuação.

**Quadro 8.10: Pontuação para as áreas potenciais de irrigação consideradas na Alternativa 1**

Área de Irrigação	Area Irrigada (ha)	Pontuação Unitária	Pontuação Ponderada
Mancha de Solos Ararendá/Ipaporanga	10.537	0	0,00
Mancha de Solos Baixo Acaraú Margem Esquerda	3.770	0	0,00
Mancha de Solos Frecheirinha	3.800	3	0,40
Mancha de Solos Graça	1.671	0	0,00
Mancha de Solos Granja	1.750	3	0,18
Mancha de Solos Ipueiras/Ipu	283	0	0,00
Proj. Baixo Acarau - 2a. etapa	4.760	5	0,84
Proj. Ipaporanga/Boa Esperança	1.710	0	0,00
Proj. Medio Acarau	200	3	0,02
<b>Total</b>	<b>28.481</b>	-	<b>1,44</b>

**Quadro 8.11: Pontuação para as áreas potenciais de irrigação consideradas na Alternativa 2**

Área de Irrigação	Area Irrigada (ha)	Pontuação Unitária	Pontuação Ponderada
Mancha de Solos Ararendá/Ipaporanga	10.537	0	0,00
Mancha de Solos Frecheirinha	1.140	3	0,12
Mancha de Solos Granja	1.750	3	0,19
Mancha de Solos Margem Esquerda	3.770	0	0,00
Proj. Baixo Acarau - 2a. etapa	4.760	5	0,85
Proj. Ipaporanga/Boa Esperança	1.710	0	0,00



Área de Irrigação	Area Irrigada (ha)	Pontuação Unitária	Pontuação Ponderada
Proj. Graça - Ampliação	373	3	0,04
Proj. Medio Acarau	200	3	0,02
Proj. Platô do Poti - Área 1	2.800	3	0,30
Proj. Platô do Poti - Área 2	600	3	0,06
Proj. Realejo	400	5	0,07
<b>Total</b>	<b>28.040</b>	-	<b>1,65</b>

**Quadro 8.12: Pontuação para as áreas potenciais de irrigação consideradas na Alternativa 3**

Área de Irrigação	Area Irrigada (ha)	Pontuação Unitária	Pontuação Ponderada
Aluviões do Médio Acaraú	1.858	0	0,00
Mancha Bx. Acaraú Margem Esquerda	4.126	0	0,00
Mancha de Solos Frecheirinha	1.140	3	0,10
Mancha de Solos Granja	1.750	3	0,16
Mancha de Solos Poti Sul	14.257	0	0,00
Proj. Baixo Acarau - 2a. etapa	4.760	5	0,72
Proj. Graça - Ampliação	373	3	0,03
Proj. Medio Acarau	200	3	0,02
Proj. Novo Oriente	990	0	0,00
Proj. Platô do Poti - Área 1	2.800	3	0,25
Proj. Platô do Poti - Área 2	600	3	0,05
Proj. Realejo	400	5	0,06
<b>Total</b>	<b>33.254</b>	-	<b>1,39</b>

Conclui-se que a alternativa que mais favorece às áreas potenciais de irrigação com algum tipo de estudo anterior, em termos percentuais, é a Alternativa 2 (nota = 5), sendo seguida pela alternativa 1 (nota = 1) e pela alternativa 3 (nota = 0).

#### 8.4.2. Resultados para o Aspecto Ambiental

Todos os critérios relativos à análise do aspecto ambiental para compor a matriz de decisão estão avaliados no capítulo 6. O quadro 6.1 apresenta o resultado final para a avaliação ambiental, com as notas para todos os critérios.

### 8.4.3. Resultados para o Aspecto Econômico-Financeiro

#### 8.4.3.1. Valor Presente Líquido (VPL)

No quadro 7.15, do capítulo 7 (Análise Econômica das Alternativas), são apresentados os valores de VPL calculados para cada alternativa. De acordo com o VPL foram atribuídas as seguintes notas:

ALTERNATIV A	VPL em R\$	NOTAS
1	-271.712.000,00	0
2	-140.364.100,00	1
3	5.940.600,00	5

#### 8.4.3.2. Investimento Inicial

Reportando-se também ao quadro 7.15, do capítulo 7 (Análise Econômica das Alternativas), encontra-se os valores de investimento inicial para cada alternativa. De acordo com o investimento inicial foram atribuídas as seguintes notas:

ALTERNATIVA	INVESTIMENTO INICIAL EM R\$	NOTAS
1	673.912.801,00	0
2	561.032.698,00	2
3	407.757.227,00	5

#### 8.4.3.3. Risco de Falha na Geração dos Benefícios de Irrigação

As notas para o risco de falha na geração dos benefícios de irrigação foram atribuídas de acordo com o descrito no item 8.3.3.3. Os resultados são:

Classe	Classificação das áreas potenciais de irrigação	Alternativa 1 Área Irrigada		Alternativa 2 Área Irrigada		Alternativa 3 Área Irrigada	
		(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
1	- em estudo pela SEAGRI	4.760	16,7	5.160	18,4	5.160	15,5
2	- com algum tipo de estudo (viabilidade ou executivo)	5.760	20,2	6.863	24,5	6.863	20,6
3	- sem nenhum tipo de estudo	17.971	63,1	16.017	57,1	21.231	63,9
<b>TOTAL</b>		<b>28.481</b>	<b>100</b>	<b>28.040</b>	<b>100</b>	<b>33.254</b>	<b>100</b>
<b>NOTA</b>		<b>2</b>		<b>5</b>		<b>0</b>	

#### 8.4.4. Resultados para o Aspecto Social

Todos os critérios relativos à análise do aspecto social para compor a matriz de decisão estão avaliados no capítulo 6. O quadro 6.2 apresenta o resultado final para a avaliação social, com as notas para todos os critérios.

#### 8.4.5. Resultados para o Aspecto Institucional

##### 8.4.5.1. Políticas Específicas do Governo

Seguindo-se a orientação das diretrizes enumeradas no item 8.3.5.1, pontuou-se as alternativas do eixo de integração obtendo-se as seguintes notas:

ALTERNATIVA	NOTA
1	0
2	3
3	5

##### 8.4.5.2. Organização Local

Realizou-se uma listagem das principais reivindicações das comunidades locais discutidas nas reuniões envolvendo as três bacias e verificou-se em quais alternativas estavam contempladas. As reivindicações consideradas no estudo como importantes e a pontuação de cada alternativa são:

REIVINDICAÇÕES
1. BACIA DO ACARAÚ
1.1. Município de Ipueiras: perenização do rio Ipueiras
1.2. Município de Nova Russas: suprimento dos déficits do açude Farias de Souza
1.3. Abastecimento dos municípios: Graça, Mucambo e Pacujá

## REIVINDICAÇÕES

### 2. BACIA DO COREAÚ

2.1. Município de Frecheirinha: atendimento urgente da sede

2.2. Reivindicação para a construção dos açudes Frecheirinha e Paula Pessoa

### 3. BACIA DO POTI

3.1. Reabilitação do Projeto de Irrigação Realejo

3.2. Reivindicação da construção do açude Fronteiras para desenvolvimento da região dos Sertões de Crateús

REIVINDICAÇÃO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
1.1	X	X	X
1.2		X	X
1.3	X	X	X
2.1	X	X	X
2.2	X	X	X
3.1		X	X
3.2		X	X
NOTA	3	5	5

### 8.5. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DA MATRIZ DE DECISÃO

Como já citado anteriormente na introdução deste capítulo, realizou-se uma análise de sensibilidade com relação aos pesos dos aspectos e respectivos critérios utilizados na matriz de decisão, a fim de se avaliar a interferência de diferentes combinações de ponderação no resultado final da alternativa a ser escolhida.

A análise de sensibilidade foi realizada seguindo algumas diretrizes, com o objetivo do grau de liberdade das combinações não ser alto o bastante para prejudicar qualquer conclusão. Dessa forma, foram definidas 4 (quatro) combinações diferentes para os pesos dos aspectos técnico, ambiental, econômico-financeiro, social e institucional. Não se fez combinações diferentes entre os pesos dos critérios de um mesmo aspecto, exatamente, pela justificativa acima, para não se ter elevado grau de liberdade das combinações.

A análise de sensibilidade se deu para as seguintes combinações:

- A. Distribuição equitativa dos pesos entre os 5 aspectos considerados;
- B. Ponderação maior para o aspecto econômico-financeiro e distribuição equitativa do restante dos pesos entre os demais aspectos;
- C. Ponderação maior para os aspectos ambiental e social, em seguida para o aspecto institucional e por fim os aspectos técnico e econômico-financeiro;
- D. Ponderação maior para o aspecto econômico-financeiro, em seguida para o aspecto ambiental e por fim os aspectos técnico, social e institucional.

Essas quatro combinações foram aplicadas às notas obtidas por cada alternativa para cada critério e comparou-se os resultados finais para escolha da alternativa. Os quadros 8.13, 8.14, 8.15 e 8.16 apresentam as combinações realizadas.

Conclui-se pelos resultados apresentados nos quadros 8.13 a 8.16 que a ordem de classificação das alternativas não se alterou nas diferentes combinações. Em todas a alternativa 3 ganhou, a alternativa 2 ficou em segundo lugar e a alternativa 1 em último.

Baseando-se nas experiências adquiridas em outros estudos de alternativas que envolvem obras do mesmo porte, decidiu-se por considerar o aspecto econômico-financeiro como o mais relevante, sendo em seguida o ambiental e por fim o técnico, social e institucional. Portanto, decidiu-se utilizar a matriz de decisão apresentada no quadro 8.16 para a escolha da alternativa mais viável.



MONTGOMERY WATSON



**Quadro 8.13: Combinação A da Análise de Sensibilidade dos Pesos da Matriz de Decisão**

ASPECTO/CRITÉRIO	Pesos por Critério	Notas da Alternativa 1	Notas da Alternativa 2	Notas da Alternativa 3
<b>1. Técnico</b>	<b>20</b>	<b>73</b>	<b>69</b>	<b>40</b>
1.1 Volume Incremental Proporcionado por Cada Alternativa	5	5	5	5
1.1 Nível de Distribuição Equitativa das Vazões Incrementais nas Três	5	5	1	0
1.2 Complexidade da Operação e Manutenção	4	5	3	0
1.3 Capacidade de Pronto Atendimento	3	0	4	5
1.4 Irrigação de Áreas Potenciais que já Têm Algum Tipo de Estudo	3	1	5	0
<b>2. Ambiental</b>	<b>20</b>	<b>55</b>	<b>47</b>	<b>63</b>
2.1 Impactos sobre Área de Preservação Ambiental	5	5	4	4
2.2 Proliferação de Doenças Veiculação Hídrica	5	0	3	5
2.3 Incremento a Poluição Hídrica	3	5	0	0
2.4 Possibilidade de Salinização dos Reservatórios	3	5	0	0
2.5 Efeitos sobre a Flora e a Fauna	2	0	3	5
2.6 Impactos Hidromorfológicos	2	0	3	4
<b>3. Econômico e Financeiro</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>45</b>	<b>75</b>
3.1 Valor Presente Líquido	10	0	1	5
3.2 Investimento Inicial	5	0	2	5
3.3 Risco de Falha na Geração dos Benefícios de Irrigação	5	2	5	0
<b>4. Social</b>	<b>20</b>	<b>72</b>	<b>63</b>	<b>69</b>
4.1 Necessidade de Reassentamento da População	3	4	4	4
4.2 Aproveitamento dos Recursos Edáficos Locais	3	0	3	5
4.3 Submersão de Solos Agricultáveis	2	3	3	3
4.4 Crise Atual de Abastecimento	5	5	3	3
4.5 Número de Pessoas Beneficiadas	4	5	3	3
4.6 Nível de Desapropriação	3	3	3	3
<b>5. Institucional</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>50</b>
5.1 Políticas Específicas do Governo	10			
5.2 Organização Local	10	3	5	5
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>240</b>	<b>274</b>	<b>297</b>



MONTGOMERY WATSON



**Quadro 8.14: Combinação B da Análise de Sensibilidade dos Pesos da Matriz de Decisão**

ASPECTO/CRITÉRIO	Pesos por Critério	Notas da Alternativa 1	Notas da Alternativa 2	Notas da Alternativa 3
<b>1. Técnico</b>	<b>15</b>	<b>57</b>	<b>51</b>	<b>30</b>
1.1 Volume Incremental Proporcionado por Cada Alternativa	4	5	5	5
1.1 Nível de Distribuição Equitativa das Vazões Incrementais nas Três	4	5	1	0
1.2 Complexidade da Operação e Manutenção	3	5	3	0
1.3 Capacidade de Pronto Atendimento	2	0	4	5
1.4 Irrigação de Áreas Potenciais que já Têm Algum Tipo de Estudo	2	1	5	0
<b>2. Ambiental</b>	<b>15</b>	<b>40</b>	<b>37</b>	<b>50</b>
2.1 Impactos sobre Área de Preservação Ambiental	4	5	4	4
2.2 Proliferação de Doenças Veiculação Hídrica	4	0	3	5
2.3 Incremento a Poluição Hídrica	2	5	0	0
2.4 Possibilidade de Salinização dos Reservatórios	2	5	0	0
2.5 Efeitos sobre a Flora e a Fauna	2	0	3	5
2.6 Impactos Hidromorfológicos	1	0	3	4
<b>3. Econômico e Financeiro</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>90</b>	<b>150</b>
3.1 Valor Presente Líquido	20	0	1	5
3.2 Investimento Inicial	10	0	2	5
3.3 Risco de Falha na Geração dos Benefícios de Irrigação	10	2	5	0
<b>4. Social</b>	<b>15</b>	<b>55</b>	<b>47</b>	<b>51</b>
4.1 Necessidade de Reassentamento da População	2	4	4	4
4.2 Aproveitamento dos Recursos Edáficos Locais	2	0	3	5
4.3 Submersão de Solos Agricultáveis	2	3	3	3
4.4 Crise Atual de Abastecimento	4	5	3	3
4.5 Número de Pessoas Beneficiadas	3	5	3	3
4.6 Nível de Desapropriação	2	3	3	3
<b>5. Institucional</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>25</b>
5.1 Políticas Específicas do Governo	10			
5.2 Organização Local	5	3	5	5
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>187</b>	<b>250</b>	<b>306</b>



MONTGOMERY WATSON



**Quadro 8.15: Combinação C da Análise de Sensibilidade dos Pesos da Matriz de Decisão**

ASPECTO/CRITÉRIO	Pesos por Critério	Notas da Alternativa 1	Notas da Alternativa 2	Notas da Alternativa 3
<b>1. Técnico</b>	<b>15</b>	<b>57</b>	<b>51</b>	<b>30</b>
1.1 Volume Incremental Proporcionado por Cada Alternativa	4	5	5	5
1.1 Nível de Distribuição Equitativa das Vazões Incrementais nas Três	4	5	1	0
1.2 Complexidade da Operação e Manutenção	3	5	3	0
1.3 Capacidade de Pronto Atendimento	2	0	4	5
1.4 Irrigação de Áreas Potenciais que já Têm Algum Tipo de Estudo	2	1	5	0
<b>2. Ambiental</b>	<b>25</b>	<b>70</b>	<b>53</b>	<b>72</b>
2.1 Impactos sobre Área de Preservação Ambiental	5	5	4	4
2.2 Proliferação de Doenças Veiculação Hídrica	5	0	3	5
2.3 Incremento a Poluição Hídrica	4	5	0	0
2.4 Possibilidade de Salinização dos Reservatórios	5	5	0	0
2.5 Efeitos sobre a Flora e a Fauna	3	0	3	5
2.6 Impactos Hidromorfológicos	3	0	3	4
<b>3. Econômico e Financeiro</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>40</b>	<b>50</b>
3.1 Valor Presente Líquido	5	0	1	5
3.2 Investimento Inicial	5	0	2	5
3.3 Risco de Falha na Geração dos Benefícios de Irrigação	5	2	5	0
<b>4. Social</b>	<b>25</b>	<b>87</b>	<b>79</b>	<b>87</b>
4.1 Necessidade de Reassentamento da População	4	4	4	4
4.2 Aproveitamento dos Recursos Edáficos Locais	4	0	3	5
4.3 Submersão de Solos Agricultáveis	3	3	3	3
4.4 Crise Atual de Abastecimento	5	5	3	3
4.5 Número de Pessoas Beneficiadas	5	5	3	3
4.6 Nível de Desapropriação	4	3	3	3
<b>5. Institucional</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>50</b>
5.1 Políticas Específicas do Governo	10			
5.2 Organização Local	10	3	5	5
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>254</b>	<b>273</b>	<b>289</b>





MONTGOMERY WATSON



**Quadro 8.16: Combinação D da Análise de Sensibilidade dos Pesos da Matriz de Decisão**

ASPECTO/CRITÉRIO	Pesos por Critério	Notas da Alternativa 1	Notas da Alternativa 2	Notas da Alternativa 3
<b>1. Técnico</b>	<b>15</b>	<b>57</b>	<b>51</b>	<b>30</b>
1.1 Volume Incremental Proporcionado por Cada Alternativa	4	5	5	5
1.2 Nível de Distribuição Equitativa das Vazões Incrementais nas Três	4	5	1	0
1.3 Complexidade da Operação e Manutenção	3	5	3	0
1.4 Capacidade de Pronto Atendimento	2	0	4	5
1.5 Irrigação de Áreas Potenciais que já Têm Algum Tipo de Estudo	2	1	5	0
<b>2. Ambiental</b>	<b>20</b>	<b>55</b>	<b>47</b>	<b>63</b>
2.1 Impactos sobre Área de Preservação Ambiental	5	5	4	4
2.2 Proliferação de Doenças Veiculação Hídrica	5	0	3	5
2.3 Incremento a Poluição Hídrica	3	5	0	0
2.4 Possibilidade de Salinização dos Reservatórios	3	5	0	0
2.5 Efeitos sobre a Flora e a Fauna	2	0	3	5
2.6 Impactos Hidromorfológicos	2	0	3	4
<b>3. Econômico e Financeiro</b>	<b>35</b>	<b>20</b>	<b>85</b>	<b>125</b>
3.1 Valor Presente Líquido	15	0	1	5
3.2 Investimento Inicial	10	0	2	5
3.3 Risco de Falha na Geração dos Benefícios de Irrigação	10	2	5	0
<b>4. Social</b>	<b>15</b>	<b>55</b>	<b>47</b>	<b>51</b>
4.1 Necessidade de Reassentamento da População	2	4	4	4
4.2 Aproveitamento dos Recursos Edáficos Locais	2	0	3	5
4.3 Submersão de Solos Agricultáveis	2	3	3	3
4.4 Crise Atual de Abastecimento	4	5	3	3
4.5 Número de Pessoas Beneficiadas	3	5	3	3
4.6 Nível de Desapropriação	2	3	3	3
<b>5. Institucional</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>55</b>	<b>75</b>
5.1 Políticas Específicas do Governo	10	0	3	5
5.2 Organização Local	5	3	5	5
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>202</b>	<b>285</b>	<b>344</b>

## 8.6. ALTERNATIVA ESCOLHIDA

O Quadro 8.17 apresenta a seguir a matriz de decisão ponderada para a escolha da alternativa mais viável. Conclui-se que a Alternativa 3 é, sem dúvida, a melhor dentre as estudadas, tendo como aspectos especialmente favoráveis o econômico-financeiro e o ambiental.

Uma vez escolhida a alternativa mais viável, encaminhou-se o processo de hierarquização das obras contempladas na Alternativa 3, tendo sido levado em consideração alguns dos mesmos parâmetros já considerados na escolha da melhor alternativa e outros mais específicos. Além das obras da Alternativa 3, foram inclusos na hierarquização das obras de reservação todos os açudes identificados por esse projeto como passíveis de serem construídos para atendimento futuro de demandas localizadas, aquelas que não se encaixam no eixo de integração. Foram então hierarquizados os açudes: Alto Poti, Arabê, Carmina, Ibuguaçu, Jurema, Pedregulho, Pejuaba e Poço Comprido, para o atendimento de demandas localizadas; e Frecheirinha, Fronteiras, Inhuçu, Lontras, Paula Pessoa e Taquara, para o Eixo de Integração da Ibiapaba. Outros açudes estudados como o Cajueirinho, Inhanduba, Jatobá e Litoral, foram descartados devido a questões de inviabilidade técnica ou ambiental, não constando portanto da hierarquização. As justificativas para o descarte destes açudes estão detalhadas nos capítulos 2, item 2.2, e 4, item 4.1.

Ressalte-se que os açudes propostos para o atendimento de demandas localizadas foram estudados a nível de reconhecimento, e, portanto, a atribuição de notas para a hierarquização desses açudes não está no mesmo nível de acuracidade do que os do eixo de integração.

O Quadro 8.18 apresenta a hierarquização das obras de reservação para a Alternativa 3 e para os propostos para atendimento de demandas localizadas. Pode-se observar que, dentre os açudes do eixo de integração, os que se mostram mais prioritários são os açudes Lontras, Inhuçu e Paula Pessoa. Dentre aqueles destinados ao atendimento de demandas localizadas destacam-se como mais prioritários o Carmina, no município de Catunda, e Alto Poti, no município de Quiterianópolis.

A hierarquização das obras da Alternativa 3 para o Eixo de Integração, incluindo os açudes com seus respectivos sistemas de distribuição, está apresentada no Quadro 8.19. Nota-se por este quadro que o sistema de reservação Inhuçu-Lontras associado às obras de adução, túnel e adutora de Ararendá-Ipaporanga-Nova Russas, e à hidrelétrica representam o conjunto de



MONTGOMERY WATSON



obras prioritárias do Eixo de Integração da Ibiapaba. Sua priorização deve-se principalmente aos aspectos social e institucional. Em segundo lugar tem-se o açude Paula Pessoa e, logo em seguida, o açude Frecheirinha. O açude Taquara e o Sistema Sul, este composto pelo açude Fronteiras e o Canal Poti Sul, são as obras que se apresentam menos prioritárias, o que é explicado devido aos seus benefícios estarem voltados mais para a irrigação, sendo os benefícios para abastecimento doméstico insignificantes comparativamente com as outras obras.



MONTGOMERY WATSON



**Quadro 8.17: Matriz de Decisão para a Escolha da Alternativa Mais Viável para o Eixo de Integração da Ibiapaba**

ASPECTO/CRITÉRIO	Pesos por Critério	Notas da Alternativa 1	Notas da Alternativa 2	Notas da Alternativa 3
1. Técnico				
1.1. Volume Incremental Proporcionado por Cada Alternativa	4	5	5	5
1.2. Nível de Distribuição Equitativa das Vazões Incrementais nas Três Bacias	4	5	1	0
1.3. Complexidade da Operação e Manutenção	3	5	3	0
1.4. Capacidade de Pronto Atendimento	2	0	4	5
1.5. Irrigação de Áreas Potenciais que já Têm Algum Tipo de Estudo	2	1	5	0
2. Ambiental				
2.1. Impactos sobre Área de Preservação Ambiental	5	5	4	4
2.2. Proliferação de Doenças Veiculação Hídrica	5	0	3	5
2.3. Incremento a Poluição Hídrica	3	5	0	0
2.4. Possibilidade de Salinização dos Reservatórios	3	5	0	0
2.5. Efeitos sobre a Flora e a Fauna	2	0	3	5
2.6. Impactos Hidromorfológicos	2	0	3	4
3. Econômico				
3.1. Valor Presente Líquido	15	0	1	5
3.2. Investimento Inicial	10	0	2	5
3.3. Risco de Falha na Geração dos Benefícios de Irrigação	10	2	5	0
4. Social				
4.1. Necessidade de Reassentamento da População	2	4	4	4
4.2. Aproveitamento dos Recursos Edáficos Locais	2	0	3	5
4.3. Submersão de Solo Agricultáveis	2	3	3	3
4.4. Crise Atual do Abastecimento	4	5	3	3
4.5. Número de Pessoas Beneficiadas	3	5	3	3
4.6. Nível de Desapropriação	2	3	3	3
5. Institucional				
5.1. Políticas Específicas do Governo	10	0	3	5
5.2. Organização Local	5	3	5	5
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>202</b>	<b>285</b>	<b>344</b>



QUADRO 8.18: HIERARQUIZAÇÃO DOS AÇUDES CONTEMPLADOS NA ALTERNATIVA 3 E PROPOSTOS PARA ATENDIMENTO DAS DEMANDAS LOCALIZADAS NAS BACIAS DO ACARAÚ, COREAÚ E POTI

ASPECTO/CRITÉRIO	Pesos por Critério	Fonte Hídrica - Açudes													
		Alternativa 3 do Eixo de Integração da Ibiapaba						Alternativas Localizadas							
		Frecheirinha	Fronteiras	Inhuçu	Lontras	Paula Pessoa	Taquara	Alto Poti	Arabê	Carmina	Ibuguaçu	Jurema	Pedregulho	Pejuaba	Poço Comprido
<b>1. Técnico</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>100</b>	<b>60</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>80</b>	<b>70</b>	<b>60</b>	<b>70</b>
1.1 Facilidade de Construção	10	0	4	1	1	5	3	3	1	4	3	3	4	1	4
1.2 Irrigação de Áreas Potenciais que já Têm Algum Tipo de Estudo	10	5	0	3	3	5	3	0	5	0	5	5	3	5	3
<b>2. Econômico e Financeiro</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>70</b>	<b>30</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>70</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>0</b>
2.1 Custo da Vazão Regularizada	10	0	5	3	4	5	4	4	5	5	4	3	1	5	0
2.2 Investimento Inicial	10	3	2	0	4	5	3	5	5	5	3	4	2	5	0
<b>3. Social</b>	<b>40</b>	<b>130</b>	<b>0</b>	<b>160</b>	<b>125</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>200</b>	<b>50</b>	<b>200</b>	<b>95</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>45</b>
3.1 Crise Atual de Abastecimento	15	5	0	5	5	0	0	5	0	5	0	0	0	0	0
3.2 Número de Pessoas Beneficiadas	15	1	0	5	2	0	0	5	0	5	3	1	1	0	1
3.3 Necessidade de Reassentamento da População	10	4	0	1	2	3	3	5	5	5	5	3	3	5	3
<b>4. Institucional</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>80</b>
4.1 Organização Local	20	5	5	5	5	5	0	5	5	5	0	0	4	5	4
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>310</b>	<b>210</b>	<b>330</b>	<b>345</b>	<b>330</b>	<b>160</b>	<b>420</b>	<b>310</b>	<b>440</b>	<b>195</b>	<b>195</b>	<b>225</b>	<b>310</b>	<b>195</b>



MONTGOMERY WATSON



QUADRO 8.19: HIERARQUIZAÇÃO DAS OBRAS CONTEMPLADAS NA ALTERNATIVA 3

ASPECTO/CRITÉRIO	Pesos por Critério	Fonte Hídrica - Açudes				
		Sistema Norte		Sistema Centro		Sistema Sul
		Açude Frecheirinha	Açude Paula Pessoa	Aç. Inhuçu, Lontras, Túnel, Hidrelétrica e Ad. de Ararendá, Ipaporanga e Nova Russas	Açude Taquara	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul
<b>1. Técnico</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>40</b>
1.1 Facilidade de Construção	10	0	5	2	3	4
1.2 Irrigação de Áreas Potenciais que já Têm Algum Tipo de Estudo	10	5	5	3	3	0
<b>2. Econômico e Financeiro</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>75</b>	<b>50</b>	<b>95</b>	<b>30</b>
2.1 Custo da Vazão Fornecida	10	0	4	2	5	3
2.2 Investimento Inicial	5	4	5	1	4	0
2.3 Valor Presente Líquido	5	2	2	5	5	0
<b>3. Social</b>	<b>40</b>	<b>115</b>	<b>30</b>	<b>150</b>	<b>30</b>	<b>0</b>
3.1 Crise Atual de Abastecimento	15	5	0	5	0	0
3.2 Número de Pessoas Beneficiadas	15	0	0	5	0	0
3.3 Necessidade de Reassentamento da População	10	4	3	0	3	0
<b>4. Institucional</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>100</b>
4.1 Organização Local	20	5	5	5	0	5
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>295</b>	<b>305</b>	<b>350</b>	<b>185</b>	<b>170</b>



MONTGOMERY WATSON



## **9. BALANÇO HÍDRICO DA ALTERNATIVA SELECIONADA**

---

## 9. BALANÇO HÍDRICO DA ALTERNATIVA SELECIONADA

### 9.1. INTRODUÇÃO

No capítulo 8 foi selecionada a alternativa do Eixo de Integração da Ibiapaba segundo uma matriz de decisão, em que foram avaliadas as variáveis mais importantes do ponto de vista técnico, ambiental, econômico-financeiro, social e institucional. Dentre as 3 alternativas analisadas, a denominada “Alternativa 3” foi a que obteve melhor pontuação.

Uma vez selecionada a alternativa e hierarquizada suas obras, procedeu-se neste estudo à elaboração do balanço hídrico da Alternativa 3 para os horizontes de projeto 2005, 2010, 2020 e 2030, a fim de se estabelecer um cronograma de implantação das obras que compõem a mesma.

As obras que compõem a Alternativa 3 são:

#### Infra-Estrutura Hídrica da Alternativa 3

Obra	Dimensão	Tipo de Uso
Açude Fronteiras	950 hm <sup>3</sup>	Irrigação e abastecimento rural
Açude Inhuçu	325 hm <sup>3</sup>	Geração de energia, abastecimento urbano e rural e irrigação
Açude Lontras	142 hm <sup>3</sup>	Geração de energia, abastecimento urbano e rural e irrigação
Açude Paula Pessoa	167 hm <sup>3</sup>	Irrigação
Açude Frecheirinha	85 hm <sup>3</sup>	Abastecimento urbano e rural e irrigação
Túnel e hidrelétrica	18 km, 6 MW	Geração de energia, transposição Poti/Acaraú
Adutora Ararendá/Ipaporanga/No va Russas	93,1 km	Abastecimento urbano e rural
Adutora do Aç. Jaburu I	38,1 km	Abastecimento de Mucambo, Pacujá e Graça. Transposição Poti/Acaraú
Canal Poti Sul	107,7 km	Irrigação
Açude Taquara	279 hm <sup>3</sup>	Irrigação

Para a elaboração do balanço hídrico e, conseqüentemente, o cronograma de implantação destas obras seguiu-se as seguintes prioridades:

**1ª Prioridade:** abastecimento das demandas municipais que se apresentam deficitárias em cada horizonte de projeto. As demandas municipais abrangem as urbanas e difusas, sendo



que nas urbanas estão inclusas as domésticas, industriais e de turismo, e nas demandas difusas incluem-se a população rural e o consumo animal;

**2ª Prioridade:** abastecimento das áreas irrigadas atuais deficitárias e das potenciais nas 3 bacias, abrangendo tanto a irrigação dos perímetros de irrigação como a difusa.

A definição da implantação de uma obra ou outra nos horizontes de projeto seguiu as prioridades estabelecidas acima e a hierarquização das obras feita no capítulo 8 (ver Quadro 8.19). No entanto, o balanço foi realizado através de um processo iterativo, no qual previa-se a implantação de uma obra em determinado horizonte e se realizava a simulação para verificação dos níveis de atendimento.

## 9.2. BALANÇO HÍDRICO DA ALTERNATIVA SELECIONADA

O balanço hídrico foi executado para os 23 (vinte e três) grandes reservatórios existentes das bacias do Acaraú, Coreaú e Poti, acrescentando-se os 6 (seis) reservatórios propostos. Foi elaborado a nível mensal, considerando-se as perdas em trânsito de acordo com cada trecho de rio simulado.

Para a simulação integrada dos reservatórios dos sistemas das três bacias utilizou-se o modelo HEC-3<sup>8</sup>, o qual já foi executado nas etapas anteriores deste projeto. O modelo opera considerando as demandas hídricas em cada ponto de controle no sistema em uma seqüência, iniciando no ponto mais a montante e percorrendo cada rio do sistema em direção ao exutório. As demandas hídricas em cada ponto de controle correspondem às retiradas para o abastecimento das demandas humanas, industriais, de turismo, animais e de irrigação, em m<sup>3</sup>/s, que o programa tentará atender em cada período de simulação. Para aqueles pontos de controle representativos de demandas que captam água no leito do rio em distâncias consideráveis dos mananciais, operou-se o sistema com os valores destas demandas acrescidos de 5% para levar em consideração as perdas em trânsito.

O resultado final do balanço hídrico da Alternativa 3 é apresentado em termos do **nível de atendimento** às demandas, o qual representa a *Garantia Mensal*. Esta já foi definida no item 2.1 deste volume e é dada pela relação:

---

<sup>8</sup> HEC-3 - Hydrologic Engineering Center (1974), U.S. Army Corps of Engineers. Davis, California.

$$G_M = \left( 1 - \frac{n_M}{N_M} \right) \times 100$$

sendo  $G_M$  a garantia mensal em porcentagem,  $n_M$  o número de meses em que determinada demanda deixou de ser atendida e  $N_M$  o número total de meses simulados, neste caso, 1032 meses (1912 a 1997).

A seguir apresenta-se o resultado do balanço hídrico da Alternativa 3 para cada horizonte de projeto.

### 9.2.1 Balanço Hídrico para o Horizonte de Projeto 2005

As demandas municipais e de irrigação deficitárias para cada horizonte de projeto já foram identificadas no capítulo 2 (ver quadros 2.1.1 e 2.5.1). Sendo assim, procedeu-se à simulação do balanço hídrico segundo as prioridades citadas anteriormente, a fim de satisfazer o nível de atendimento das demandas deficitárias.

Acrescentou-se ainda no balanço hídrico as demandas de irrigação potenciais planejadas para o ano 2005, cuja implantação se deu de acordo com o estudo realizado na Fase II – Planejamento Regional.

O Quadro 9.1 apresenta o nível de atendimento das demandas deficitárias e da irrigação potencial nas três bacias em 2005 para os cenários **com** e **sem** a infra-estrutura planejada para a Alternativa 3.

Quadro 9.1: Resultados do balanço hídrico para a infra-estrutura planejada para a Alternativa 3, para o horizonte de projeto 2005

Bacia Hidrográfica	Demanda	Nível de Atendimento (%) Ano 2005		Infra-estrutura Planejada
		Sem Infra-estrutura Planejada	Com Infra-estrutura Planejada	
Municípios				
Acaraú	Graça	0	100	Ad. do aç. Jaburu I
	Ipueiras	0	97	Sistema Inhuçu/Lontras
	Mucambo	0	100	Ad. do aç. Jaburu I
	Nova Russas	97 <sup>(*)</sup>	99	Sistema Inhuçu/Lontras
	Pacujá	0	100	Ad. do aç. Jaburu I
Coreaú	Frecheirinha	0	95	Aç. Frecheirinha
Poti	Ararendá	0	97	Sistema Inhuçu/Lontras
	Croatá	0	100	Aç. Inhuçu
	Ipaporanga	0	97	Sistema Inhuçu/Lontras
Irrigação				
Acaraú	Aluviões do Médio Acaraú	-	93	Sistema Inhuçu/Lontras e aç. Taquara
	Margem Esquerda do Baixo Acaraú	-	94	Sistema Inhuçu/Lontras e aç. Taquara
Coreaú	Mancha de Frecheirinha	-	95	Aç. Frecheirinha
	Mancha de Granja	-	95	Aç. Paula Pessoa
Poti	Proj. Realejo	77	81	-

(\*) O município de Nova Russas é atualmente abastecido pelo aç. Farias de Souza, o qual já apresenta sérios problemas de déficits hídricos para a demanda atual segundo depoimentos da população local. Por esta razão, este município foi incluído dentre as demandas deficitárias no ano 2005.

### 9.2.2 Balanço Hídrico para o Horizonte de Projeto 2010

Seguindo a mesma metodologia descrita no item 9.2.1, realizou-se a simulação do balanço hídrico para o horizonte de projeto 2010.

O Quadro 9.2 apresenta o nível de atendimento das demandas deficitárias e da irrigação potencial nas três bacias em 2010 para os cenários **com** e **sem** a infra-estrutura planejada para a Alternativa 3.

Quadro 9.2: Resultados do balanço hídrico para a infra-estrutura planejada para a Alternativa 3, para o horizonte de projeto 2010

Bacia Hidrográfica	Demanda	Nível de Atendimento (%) Ano 2010		Infra-estrutura Planejada
		Sem Infra-estrutura Planejada	Com Infra-estrutura Planejada	
<b>Municípios</b>				
Acaraú	Graça	0	100	Ad. do aç. Jaburu I
	Ipueiras	0	97	Sistema Inhuçu/Lontras
	Mucambo	0	100	Ad. do aç. Jaburu I
	Nova Russas	94 <sup>(*)</sup>	98	Sistema Inhuçu/Lontras
	Pacujá	0	100	Ad. do aç. Jaburu I
Coreaú	Frecheirinha	0	95	Aç. Frecheirinha
Poti	Ararendá	0	97	Sistema Inhuçu/Lontras
	Croatá	0	100	Aç. Inhuçu
	Ipaporanga	0	97	Sistema Inhuçu/Lontras
<b>Irrigação</b>				
Acaraú	Aluviões do Médio Acaraú	-	92	Sistema Inhuçu/Lontras e aç. Taquara
	Margem Esquerda do Baixo Acaraú	-	93	Sistema Inhuçu/Lontras e aç. Taquara
	Proj. Baixo Acaraú - 2ª. Etapa	-	93	Sistema Inhuçu/Lontras
	Proj. Médio Acaraú	-	95	Sistema Inhuçu/Lontras e aç. Taquara
Coreaú	Mancha de Frecheirinha	-	95	Aç. Frecheirinha
	Mancha de Granja	-	95	Aç. Paula Pessoa
Poti	Proj. Realejo	77	100	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul - Etapa 1 (41 km)
	Proj. Graça - Ampliação	-	100	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul - Etapa 1 (41 km)
	Proj. Platô do Poti - Área 1	-	100	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul - Etapa 1 (41 km)
	Proj. Platô do Poti - Área 2	-	100	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul - Etapa 1 (41 km)
	Mancha Poti Sul 1	-	100	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul - Etapa 1 (41 km)

(\*) O município de Nova Russas é atualmente abastecido pelo aç. Farias de Souza, o qual já apresenta sérios problemas de déficits hídricos para a demanda atual segundo depoimentos da população local. Por esta razão, este município foi incluído dentre as demandas deficitárias no ano 2010.

### 9.2.3 Balanço Hídrico para o Horizonte de Projeto 2020

Seguindo a mesma metodologia descrita no item 9.2.1, realizou-se a simulação do balanço hídrico para o horizonte de projeto 2020.

O Quadro 9.3 apresenta o nível de atendimento das demandas deficitárias e da irrigação potencial nas três bacias em 2020 para os cenários **com** e **sem** a infra-estrutura planejada para a Alternativa 3.

Quadro 9.3: Resultados do balanço hídrico para a infra-estrutura planejada para a Alternativa 3, para o horizonte de projeto 2020

Bacia Hidrográfica	Demanda	Nível de Atendimento (%) Ano 2020		Infra-estrutura Planejada
		Sem Infra-estrutura Planejada	Com Infra-estrutura Planejada	
<b>Municípios</b>				
<b>Acaraú</b>	Graça	0	100	Ad. do aç. Jaburu I
	Ipueiras	0	97	Sistema Inhuçu/Lontras
	Mucambo	0	100	Ad. do aç. Jaburu I
	Nova Russas	94 <sup>(*)</sup>	98	Sistema Inhuçu/Lontras
	Pacujá	0	100	Ad. do aç. Jaburu I
<b>Coreaú</b>	Frecheirinha	0	95	Aç. Frecheirinha
<b>Poti</b>	Ararendá	0	97	Sistema Inhuçu/Lontras
	Croatá	0	100	Aç. Inhuçu
	Ipaporanga	0	97	Sistema Inhuçu/Lontras
<b>Irrigação</b>				
<b>Acaraú</b>	Aluviões do Médio Acaraú	-	91	Sistema Inhuçu/Lontras e aç. Taquara
	Margem Esquerda do Baixo Acaraú	-	92	Sistema Inhuçu/Lontras e aç. Taquara
	Proj. Baixo Acaraú - 2ª. Etapa	-	92	Sistema Inhuçu/Lontras
	Proj. Médio Acaraú	-	94	Sistema Inhuçu/Lontras e aç. Taquara
<b>Coreaú</b>	Mancha de Frecheirinha	-	95	Aç. Frecheirinha
	Mancha de Granja	-	95	Aç. Paula Pessoa
<b>Poti</b>	Proj. Realejo	77	97	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul - Etapa 1 (41 km)
	Proj. Graça - Ampliação	-	95	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul - Etapa 1 (41 km)
	Proj. Platô do Poti - Área 1	-	95	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul - Etapa 1 (41 km)

Continuação do Quadro 9.3

Bacia Hidrográfica	Demanda	Nível de Atendimento (%) Ano 2020		Infra-estrutura Planejada
		Sem Infra-estrutura Planejada	Com Infra-estrutura Planejada	
Poti	Proj. Platô do Poti – Área 2	-	95	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul – Etapa 1 (41 km)
	Proj. Novo Oriente	-	95	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul – Etapa 2 (66,7 km)
	Mancha Poti Sul 1	-	95	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul – Etapa 1 (41 km)
	Mancha Poti Sul 2	-	95	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul – Etapa 2 (66,7 km)
	Mancha Poti Sul 3	-	95	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul – Etapa 2 (66,7 km)

(\*) O município de Nova Russas é atualmente abastecido pelo aç. Farias de Souza, o qual já apresenta sérios problemas de déficits hídricos para a demanda atual segundo depoimentos da população local. Por esta razão, este município foi incluído dentre as demandas deficitárias no ano 2020.

#### 9.2.4 Balanço Hídrico para o Horizonte de Projeto 2030

Seguindo a mesma metodologia descrita no item 9.2.1, realizou-se a simulação do balanço hídrico para o horizonte de projeto 2030.

O Quadro 9.4 apresenta o nível de atendimento das demandas deficitárias e da irrigação potencial nas três bacias em 2030 para os cenários **com** e **sem** a infra-estrutura planejada para a Alternativa 3. Nota-se que não há acréscimo de áreas irrigadas entre os cenários 2020 e 2030, isto porque considerou-se que toda a infra-estrutura proposta seja implantada até 2020. Sendo assim, para o horizonte 2030 apenas foram verificados os níveis de atendimento para as mesmas demandas do cenário 2020 sem acréscimo de infra-estrutura.

Quadro 9.4: Resultados do balanço hídrico para a infra-estrutura planejada para a Alternativa 3, para o horizonte de projeto 2030

Bacia Hidrográfica	Demanda	Nível de Atendimento (%) Ano 2030		Infra-estrutura Planejada
		Sem Infra-estrutura Planejada	Com Infra-estrutura Planejada	
<b>Municípios</b>				
<b>Acaraú</b>	Graça	0	100	Ad. do aç. Jaburu I
	Ipueiras	0	97	Sistema Inhuçu/Lontras
	Mucambo	0	100	Ad. do aç. Jaburu I
	Nova Russas	94 <sup>(*)</sup>	98	Sistema Inhuçu/Lontras
	Pacujá	0	100	Ad. do aç. Jaburu I
<b>Coreaú</b>	Frecheirinha	0	95	Aç. Frecheirinha
<b>Poti</b>	Ararendá	0	97	Sistema Inhuçu/Lontras
	Croatá	0	100	Aç. Inhuçu
	Ipaporanga	0	97	Sistema Inhuçu/Lontras
<b>Irrigação</b>				
<b>Acaraú</b>	Aluviões do Médio Acaraú	-	92	Sistema Inhuçu/Lontras e aç. Taquara
	Margem Esquerda do Baixo Acaraú	-	92	Sistema Inhuçu/Lontras e aç. Taquara
	Proj. Baixo Acaraú - 2ª. Etapa	-	93	Sistema Inhuçu/Lontras
	Proj. Médio Acaraú	-	95	Sistema Inhuçu/Lontras e aç. Taquara
<b>Coreaú</b>	Mancha de Frecheirinha	-	95	Aç. Frecheirinha
	Mancha de Granja	-	95	Aç. Paula Pessoa
<b>Poti</b>	Proj. Realejo	77	97	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul - Etapa 1 (41 km)
	Proj. Graça - Ampliação	-	95	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul - Etapa 1 (41 km)
	Proj. Platô do Poti - Área 1	-	95	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul - Etapa 1 (41 km)
	Proj. Platô do Poti - Área 2	-	95	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul - Etapa 1 (41 km)
	Proj. Novo Oriente	-	95	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul - Etapa 2 (66,7 km)
	Mancha Poti Sul 1	-	95	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul - Etapa 1 (41 km)
	Mancha Poti Sul 2	-	95	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul - Etapa 2 (66,7 km)
	Mancha Poti Sul 3	-	95	Aç. Fronteiras e Canal Poti Sul - Etapa 2 (66,7 km)

### 9.3. CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DAS OBRAS DA ALTERNATIVA 3

As obras a serem implementadas pela alternativa escolhida estão listadas no item 9.1 e foram hierarquizadas no capítulo 8 (ver Quadro 8.19), segundo os aspectos técnico, econômico-financeiro, social e institucional. O cronograma de implantação das obras baseou-se na hierarquização apresentada no Quadro 8.19 e nos resultados do balanço hídrico da Alternativa 3 para os anos 2005, 2010, 2020 e 2030. O cronograma está apresentado no Quadro 9.5 a seguir.

Quadro 9.5: Cronograma de implantação das obras da Alternativa 3

Obras	Cronograma	
	Início da Implantação (ano)	Início da Operação (ano)
PAI - Programa de Ações Imediatas		
Adutora do Aç. Jaburu I	2001	2002
Sistema Norte		
Aç. Paula Pessoa c/ Sistema de Distribuição	2003	2005
Aç. Frecheirinha c/ Sistema de Distribuição	2003	2005
Sistema Centro		
Aç. Inhuçu	2003	2005
Aç. Lontras e Túnel	2003	2005
Hidrelétrica e Adutora de Ararendá/Ipaporanga/Nova Russas	2003	2005
Aç. Taquara	2007	2010
Sistema Sul		
Aç. Fronteiras	2007	2010
Canal Poti Sul - Etapa 1 (41,0 km)	2007	2010
Canal Poti Sul - Etapa 2 (66,7 km)	2015	2020
EB's do Canal Poti Sul:		
EB1	2007	2010
EB2	2007	2010
EB3	2015	2020

A adutora do açude Jaburu I para os municípios de Graça, Mucambo e Pacujá foi considerada como uma obra a parte dos sistemas Norte, Centro e Sul, constituindo o Programa de Ações Imediatas - PAI deste projeto, devido o seu carácter prioritário, uma vez que aqueles municípios enfrentam sérios problemas de déficits hídricos atualmente, e também devido a fonte hídrica desta obra ser um açude já existente, no caso o açude Jaburu I.





MONTGOMERY WATSON



## 10. AVALIAÇÃO ECONÔMICO-FINANCEIRA

---

## 10. AVALIAÇÃO ECONÔMICO-FINANCEIRA

### 10.1. INTRODUÇÃO

Para seleção da melhor alternativa, descrita no capítulo anterior, utilizou-se um método simples de avaliação através de uma matriz ponderada, levando-se em consideração os aspectos ambientais, sociais, econômico-financeiros, técnicos e institucionais.

Este capítulo busca avaliar financeiramente e economicamente a alternativa 3, que obteve a maior média ponderada entre as demais alternativas.

A metodologia e os parâmetros utilizados na avaliação econômico-financeira da alternativa escolhida são aqueles definidos no Manual Operativo do PROGERIRH.

Conforme descrito no capítulo 2, a Alternativa 3 compreende 3 (três) sistemas hídricos no Eixo da Ibiapaba. O Sistema Sul, composto do Açude Fronteiras e Canal Poti Sul, cuja finalidade é o abastecimento rural e a irrigação das terras localizadas na região sudoeste da bacia do Poti; o Sistema Centro, composto pelos açudes Inhuçu e Lontras, o túnel e a hidrelétrica, liberando a vazão efluente da turbina para a bacia do Acaraú, que após abastecer o município de Ipueiras, aumenta a área irrigada no médio e baixo vales da bacia; e o Sistema Norte, composto pela adutora do açude Jaburu I para atendimento das sedes municipais de Mucambo, Pacujá e Graça, pelo açude Paula Pessoa destinado à irrigação do baixo Coreau e pelo açude Frecheirinha, destinado à irrigação do Projeto Frecheirinha e o abastecimento do município de mesmo nome.

O quadro a seguir detalha as características das obras da alternativa escolhida e a Figura 10.1 mostra o sistema descrito. A interligação futura dos sistemas Norte e Centro é apresentada em linha tracejada.

### Infra-Estrutura Hídrica da Alternativa 3

Obra	Dimensão	Tipo de Uso
Açude Fronteiras	950 hm <sup>3</sup>	Irrigação e abastecimento rural
Açude Inhuçu	325 hm <sup>3</sup>	Geração de energia, abastecimento urbano e rural e irrigação
Açude Lontras	142 hm <sup>3</sup>	Geração de energia, abastecimento urbano e rural e irrigação
Açude Paula Pessoa	167 hm <sup>3</sup>	Irrigação
Açude Frecheirinha	85 hm <sup>3</sup>	Abastecimento urbano e rural e irrigação
Túnel e hidrelétrica	18 km, 6 MW	Geração de energia, transposição Poti/Acaraú
Adutora Ararendá/Ipaporanga/Nova Russas	93,1 km	Abastecimento urbano e rural
Adutora do Aç. Jaburu I	38,1 km	Abastecimento de Mucambo, Pacujá e Graça. Transposição Poti/Acaraú
Canal Poti Sul	107,7 km	Irrigação
Açude Taquara	279 hm <sup>3</sup>	Irrigação

As figuras 10.2, 10.3, 10.4 e 10.5 apresentam esquematicamente as principais obras de adução da Alternativa 3, quais sejam: adutora do aç. Jaburu I, adutora de Ararendá-Ipaporanga-Ipueiras-Nova Russas, Túnel e Hidrelétrica e Canal Poti Sul.

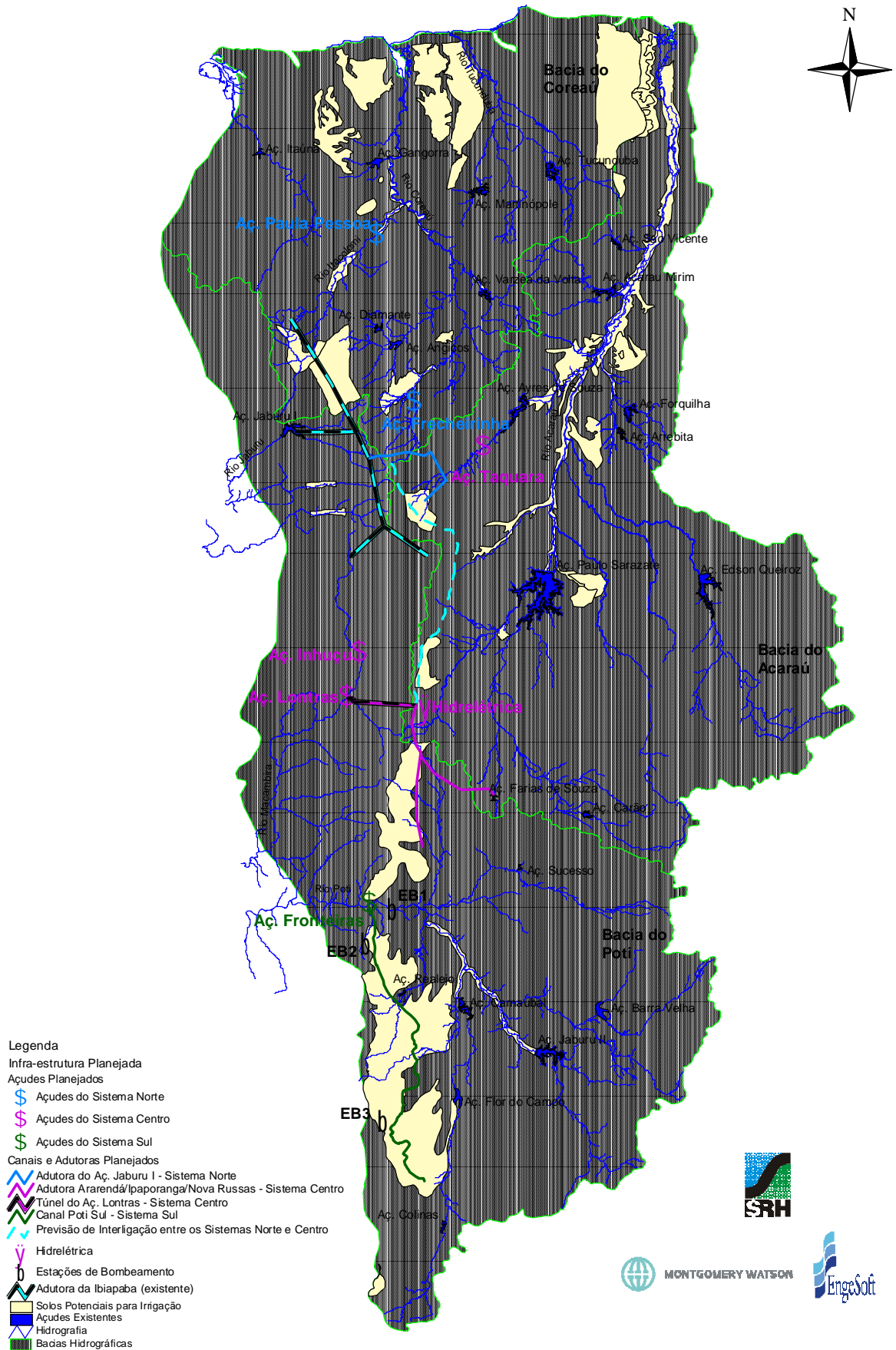
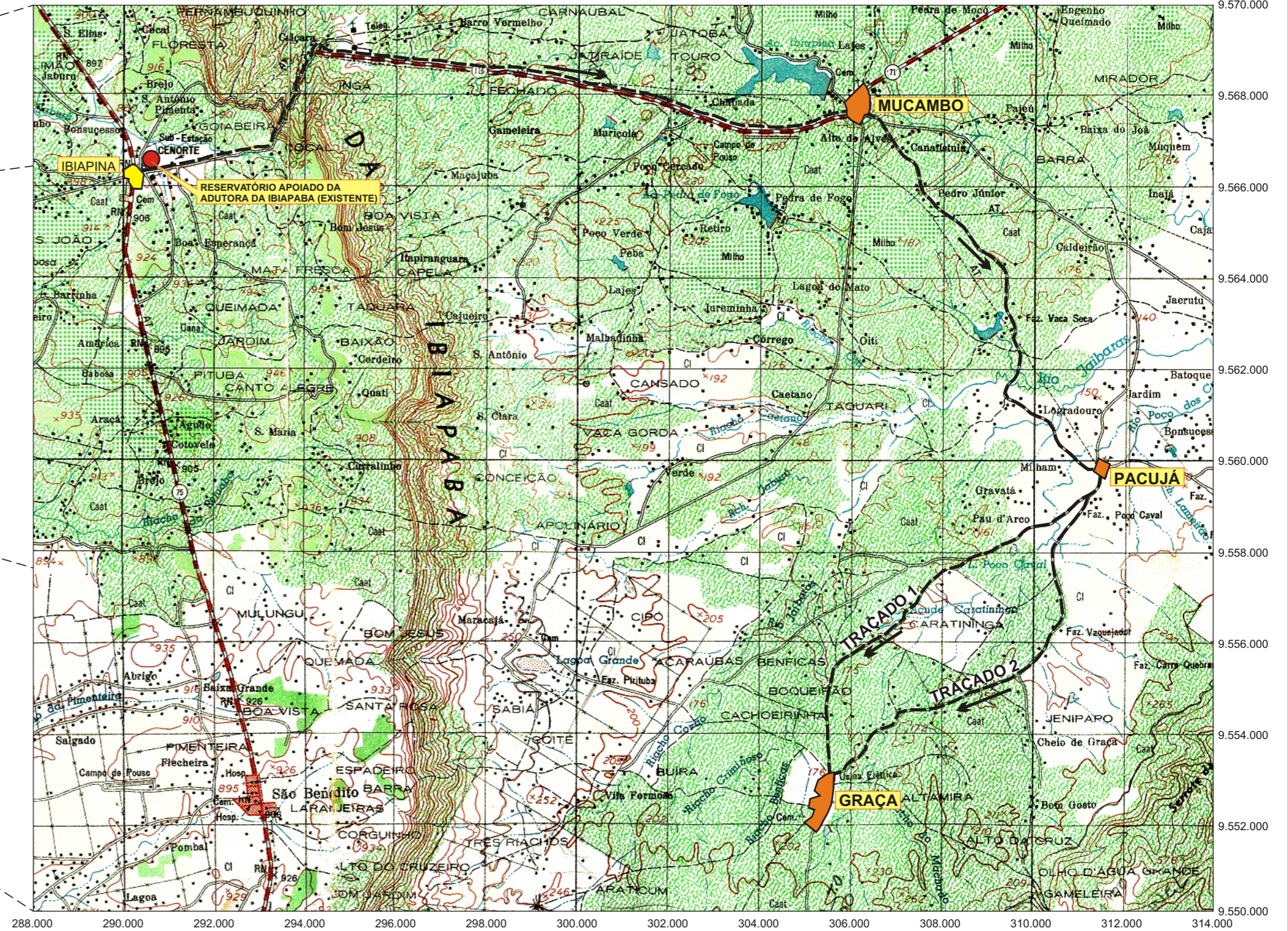
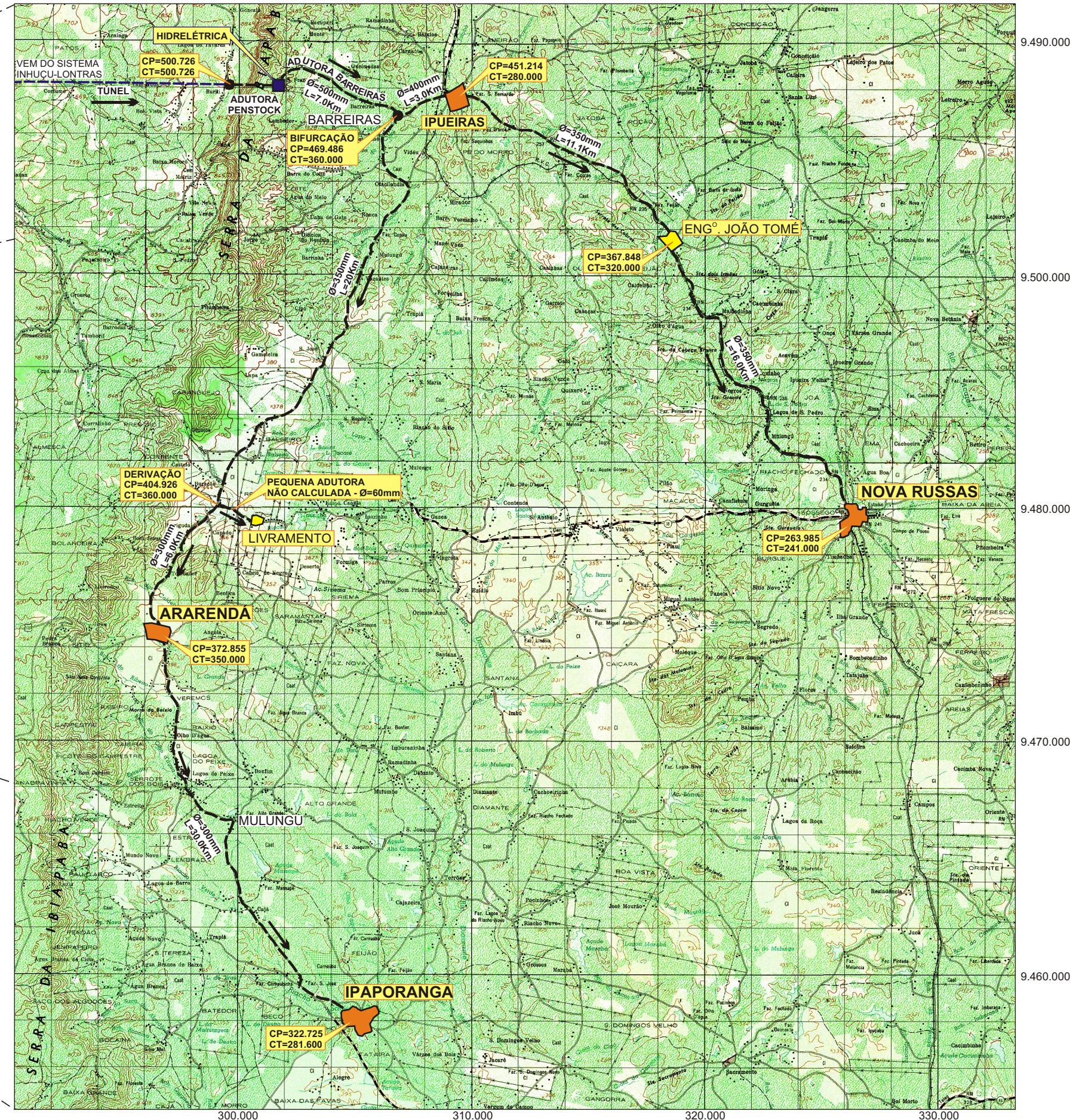


Figura 10.1: Infra-estrutura Hídrica da Alternativa 3 para o Eixo de Integração da Ibiapaba



**FIGURA 10.2 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ADUTORA DO AÇUDE JABURU I**

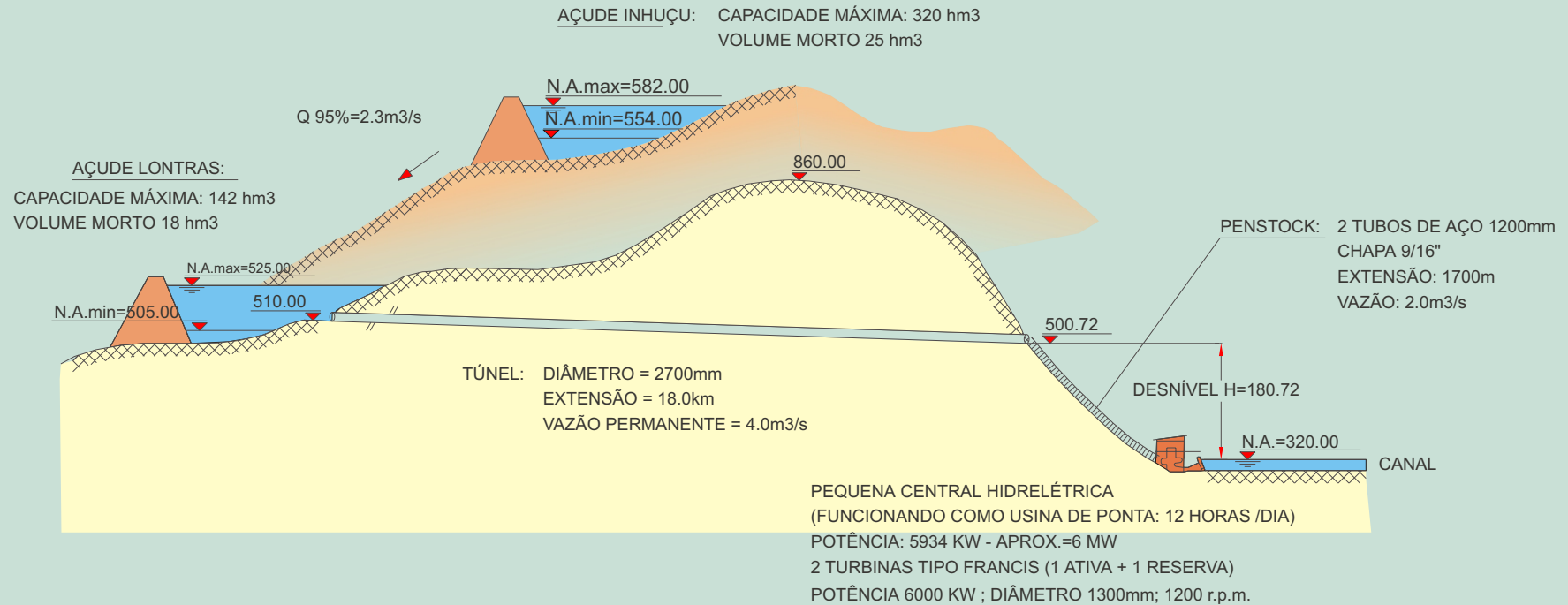
Fonte: Atlas do Ceará - IPLANCE.



**FIGURA 10.3 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO SISTEMA DE ADUTORAS DE IPAPORANGA, ARARENDÁ, IPUEIRAS E NOVA RUSSAS**

Fonte: Atlas do Ceará - IPLANCE.

**Figura 10.4 - Perfil do Sistema Inhuçu-Lontras e Hidrelétrica**



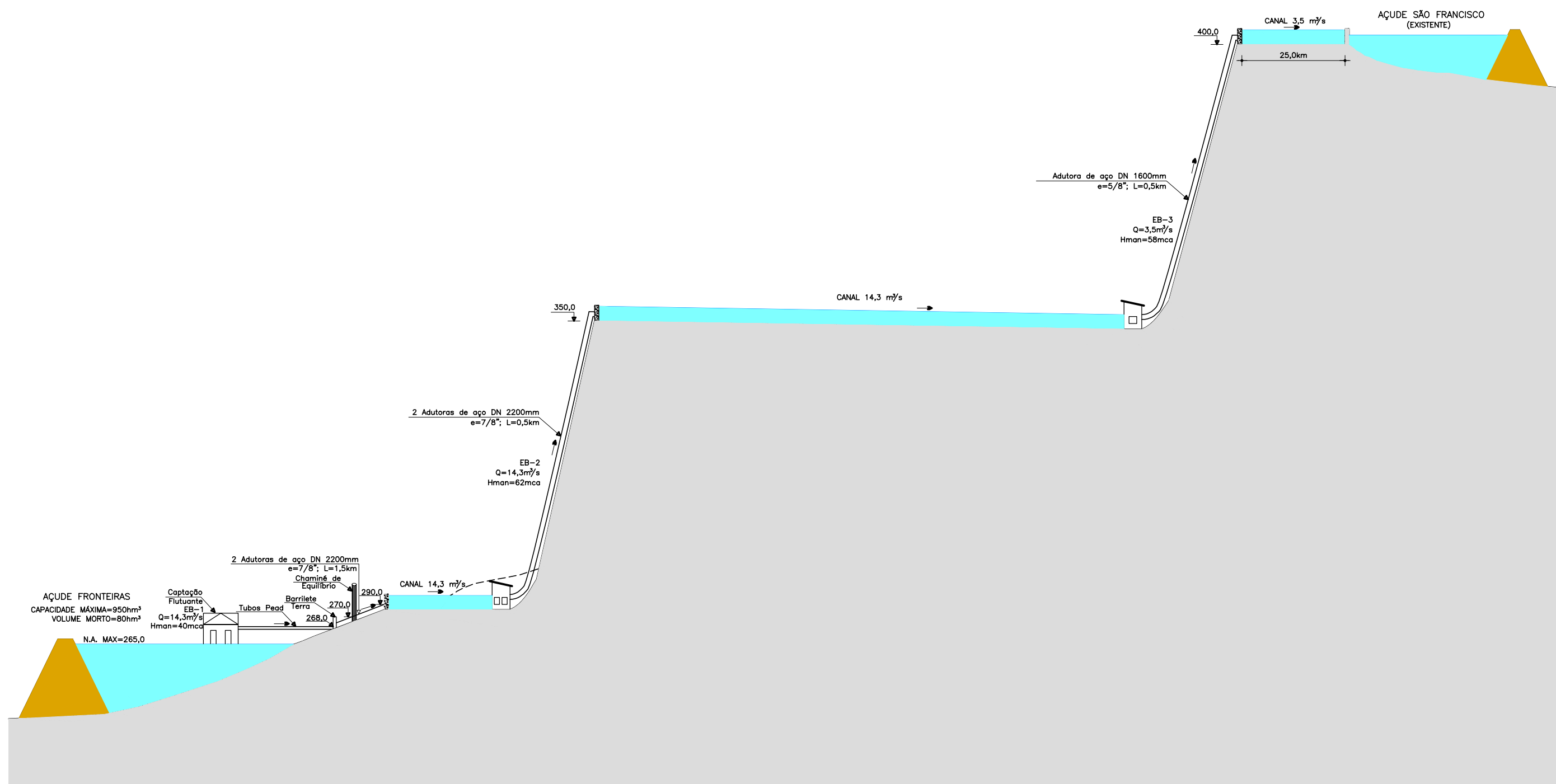


FIGURA 10.5 – ESQUEMA DO CANAL POTI SUL



## 10.2. AVALIAÇÃO FINANCEIRA

A metodologia de avaliação financeira de projetos de Obras Hidráulicas tem por objetivo investigar a sustentabilidade financeira dos investimentos, tendo por base a valoração dos custos e benefícios a preços de mercado, os quais incluem impostos e subsídios.

A avaliação financeira objetiva, portanto, avaliar se os recursos serão aplicados de forma eficaz e se os ganhos privados e públicos são suficientes para remunerarem os investimentos propostos. Vista pela ótica da alocação dos recursos, a avaliação financeira busca mensurar o impacto direto provocado pelo aumento da oferta d'água no fluxo de caixa atual dos financiadores do projeto através da ótica incremental. Assim, como o objetivo é de mensurar o retorno aos investimentos do projeto, será formado um fluxo de caixa incremental, cuja elaboração exigirá a quantificação de várias variáveis para as situações “sem projeto” e “com projeto”, destacando-se:

- A demanda, a partir do consumo *per capita* e do nível de cobertura definidos;
- A oferta de água necessária, incluindo a demanda das perdas físicas do sistema;
- Os investimentos requeridos;
- Os custos de operação e manutenção;
- As receitas tarifárias.

### 10.2.1. Projeção da População Alvo

Com o intuito final de criar um **fluxo de caixa incremental**, faz-se necessário estimar a demanda de água para as comunidades alvos do projeto a partir das projeções populacionais para um cenário de 30 anos.

No caso específico do presente estudo, a população inicial (1996) foi oriunda do último censo do IBGE. Para os anos subsequentes até o ano 2005, a projeção baseou-se em modelos estatísticos apropriados às projeções de população (modelos linear, potência, exponencial, logarítmico e polinomial) tendo por base os levantamentos censitários mais recentes (1980, 1991 e 1996). A decisão quanto ao método utilizado baseou-se no valor do coeficiente  $R^2$  associado a cada regressão, procurando-se ainda comparar o resultado da taxa geométrica média anual obtida nos dados censitários desses últimos 25 anos. Os resultados das projeções populacionais são apresentados no Volume 2 – Anexos, da Fase I – Diagnóstico.

Quanto aos demais anos (2005 a 2030), considerou-se a metodologia descrita no relatório Volume 1 – Plano Regional, da Fase II – Planejamento Regional, que se baseia na estimativa da população a partir da influência do desempenho das atividades produtivas. Tal metodologia consiste em conjugar (a) as estimativas da População Ocupada com (b) os coeficientes representativos da *razão* População Ocupada/População Total ao longo do tempo.

Os resultados das projeções populacionais obtidos através das metodologias supracitadas são destacadas nas Tabelas 10.1 a 10.3

## 10.2.2. Projeções De Demanda

### 10.2.2.1. Situação Sem Projeto

Para a determinação da situação “sem projeto” deve-se considerar a realidade atual do sistema de abastecimento à rede pública de água, isto é, se a localidade conta ou não com qualquer tipo de sistema.

A situação do abastecimento de água para as localidades da região da Ibiapaba, bem como o nível médio de cobertura atual, baseia-se nas informações da CAGECE/FNS (1997).

Para aquelas localidades conetadas a uma rede de abastecimento, a demanda para a situação sem projeto foi estimada considerando-se o consumo médio per capita atual, o nível médio de cobertura atual (em %) e a população do ano de 1998, estimada pelo IBGE.

Para o presente estudo, o consumo per capita foi estimado com base nos valores obtidos a partir das funções de demanda estimadas pela PBLM – Consultores, para o Banco do Nordeste. A rigor, existem três maneiras tradicionais para estimar o consumo per capita por água para uma dada comunidade ou área.

A primeira, mais direta, é feita através da micromedição ou consumo observado. Este método, contudo, sofre crítica em pelo menos três aspectos. O primeiro, e talvez o mais importante, refere-se ao argumento de que a micromedição expressa o que realmente é consumido, dadas as condições do sistema existente, e não o que realmente os usuários **gostariam** de consumir, dadas as tarifas (preço), renda e outras variáveis da função demanda.

**Tabela 10.1 - População atual e projeção populacional dos Municípios da bacia do Acaraú**



Municípios	População 1996 (FONTE: IBGE)	Projeção populacional				
		Anos				
		2000	2005	2010	2020	2030
<b>Sub-bacia</b>	<b>638.750</b>	<b>694.097</b>	<b>747.552</b>	<b>819.873</b>	<b>967.760</b>	<b>1.127.578</b>
<b>Acaraú (Município)</b>	<b>45.342</b>	<b>50.017</b>	<b>56.211</b>	<b>63.755</b>	<b>77.829</b>	<b>93.313</b>
<b>Acaraú (Sede)</b>	17.946	20.266	22.776	33.599	38.799	43.541
Aranaú (Distrito)	1.630	1.841	2.069	3.052	3.524	3.955
Juritiana (Distrito)	1.352	1.527	1.716	2.531	2.923	3.280
Outras pop. urbanas	343	387	435	641	741	831
População rural	24.071	25.996	29.215	23.932	31.842	41.706
<b>Bela Cruz (Município)</b>	<b>27.817</b>	<b>30.557</b>	<b>34.341</b>	<b>36.837</b>	<b>45.572</b>	<b>55.449</b>
<b>Bela Cruz (Sede)</b>	10.204	11.523	12.950	19.104	22.060	24.756
Outras pop. urbanas	253	286	321	474	547	614
População rural	17.360	18.748	21.070	17.260	22.965	30.078
<b>Cariré (Município)</b>	<b>18.223</b>	<b>20.201</b>	<b>21.358</b>	<b>22.582</b>	<b>27.724</b>	<b>33.712</b>
<b>Cariré (Sede)</b>	4.453	4.716	4.986	5.621	6.203	6.688
Outras pop. urbanas	220	233	246	278	306	330
População rural	13.550	15.253	16.126	16.684	21.214	26.694
<b>Catunda (Município)</b>	<b>8.979</b>	<b>9.546</b>	<b>10.088</b>	<b>11.095</b>	<b>14.103</b>	<b>17.948</b>
<b>Catunda (Sede)</b>	3.046	3.219	3.402	5.005	5.920	6.925
Outras pop. Urbanas	393	415	439	646	764	893
População rural	5.540	5.911	6.246	5.444	7.419	10.129
<b>Cruz (Município)</b>	<b>17.715</b>	<b>19.498</b>	<b>21.912</b>	<b>24.134</b>	<b>29.667</b>	<b>35.845</b>
<b>Cruz (Sede)</b>	6.988	7.891	8.869	13.083	15.108	16.954
Outras pop. urbanas	440	497	558	824	951	1.068
População rural	10.287	11.110	12.485	10.227	13.608	17.824
<b>Forquilha (Município)</b>	<b>16.594</b>	<b>18.006</b>	<b>19.037</b>	<b>20.745</b>	<b>24.238</b>	<b>27.964</b>
<b>Forquilha (Sede)</b>	9.780	10.357	10.950	12.345	13.624	14.688
Outras pop. urbanas	316	335	354	399	440	475
População rural	6.498	7.314	7.733	8.001	10.173	12.801
<b>Graça (Município)</b>	<b>14.369</b>	<b>15.915</b>	<b>16.826</b>	<b>17.813</b>	<b>21.824</b>	<b>26.483</b>
<b>Graça (Sede)</b>	2.747	2.909	3.076	3.468	3.827	4.126
Lapa (Distrito)	1.149	1.217	1.286	1.450	1.601	1.726
Outras pop. urbanas	0	0	0	0	0	0
População rural	10.473	11.789	12.464	12.895	16.397	20.632
<b>Groaíras (Município)</b>	<b>8.353</b>	<b>9.058</b>	<b>9.577</b>	<b>10.445</b>	<b>12.185</b>	<b>14.035</b>
<b>Groaíras (Sede)</b>	4.780	5.062	5.352	6.034	6.659	7.179
Outras pop. urbanas	391	414	438	494	545	587
População rural	3.182	3.582	3.787	3.918	4.982	6.269
<b>Hidrolândia (Município)</b>	<b>16.907</b>	<b>18.495</b>	<b>19.554</b>	<b>21.067</b>	<b>25.081</b>	<b>29.539</b>
<b>Hidrolândia (Sede)</b>	5.517	5.842	6.177	6.964	7.686	8.286
Irajá (Distrito)	1.475	1.562	1.651	1.862	2.055	2.215
Outras pop. urbanas	1.057	1.119	1.183	1.334	1.472	1.587
População rural	8.858	9.971	10.542	10.907	13.868	17.451
<b>Ipú (Município)</b>	<b>35.291</b>	<b>39.474</b>	<b>43.783</b>	<b>49.530</b>	<b>58.550</b>	<b>67.953</b>
<b>Ipú (Sede)</b>	17.023	21.348	23.678	30.599	34.437	37.681
Várzea do Giló (Distrito)	1.212	1.520	1.686	2.179	2.452	2.683
Outras pop. urbanas	201	252	280	361	407	445
População rural	16.855	16.355	18.140	16.391	21.255	27.144
<b>Ipueiras (Município)</b>	<b>35.705</b>	<b>37.952</b>	<b>41.087</b>	<b>42.662</b>	<b>49.672</b>	<b>57.311</b>
<b>Ipueiras (Sede)</b>	9.014	9.527	10.314	14.195	15.417	16.395
América (Distrito)	708	748	810	1.115	1.211	1.288
Eng. São Tomé (Distrito)	1.244	1.315	1.423	1.959	2.128	2.263
Livramento (Distrito)	1.018	1.076	1.165	1.603	1.741	1.852

**Tabela 10.1 - População atual e projeção populacional dos Municípios da bacia do Acaraú**



Municípios	População 1996 (FONTE: IBGE)	Projeção populacional				
		Anos				
		2000	2005	2010	2020	2030
Matriz (Distrito)	723	764	827	1.139	1.237	1.315
Nova Fátima (Distrito)	880	930	1.007	1.386	1.505	1.601
Outras pop. urbanas	690	729	790	1.087	1.180	1.255
População rural	21.428	22.862	24.750	20.179	25.253	31.343
<b>Marco (Município)</b>	<b>18.466</b>	<b>20.407</b>	<b>22.934</b>	<b>26.632</b>	<b>32.334</b>	<b>38.529</b>
<b>Marco (Sede)</b>	7.123	8.044	9.040	13.336	15.399	17.281
Panacuí (Distrito)	955	1.078	1.212	1.788	2.065	2.317
Mocambo (Distrito)	1.344	1.518	1.706	2.516	2.906	3.261
Outras pop. urbanas	0	0	0	0	0	0
População rural	9.044	9.767	10.977	8.992	11.964	15.670
<b>Massapé (Município)</b>	<b>25.555</b>	<b>27.674</b>	<b>29.259</b>	<b>31.974</b>	<b>37.183</b>	<b>42.676</b>
<b>Massapé (Sede)</b>	11.015	11.665	12.333	13.904	15.345	16.543
Ipaguaçu (Distrito)	961	1.018	1.076	1.213	1.339	1.443
Mumbaba (Distrito)	1.526	1.616	1.709	1.926	2.126	2.292
Padre Linhares (Distrito)	837	886	937	1.057	1.166	1.257
Tangente (Distrito)	890	942	996	1.123	1.240	1.337
Tuina (Distrito)	781	827	874	986	1.088	1.173
Outras pop. urbanas	369	391	413	466	514	554
População rural	9.176	10.329	10.921	11.298	14.366	18.077
<b>Meruoca (Município)</b>	<b>10.769</b>	<b>11.804</b>	<b>12.480</b>	<b>13.408</b>	<b>16.036</b>	<b>18.980</b>
<b>Meruoca (Sede)</b>	3.642	3.857	4.078	4.597	5.074	5.470
Outras pop. urbanas	1.132	1.199	1.267	1.429	1.577	1.700
População rural	5.995	6.748	7.135	7.381	9.386	11.810
<b>Mocambo (Município)</b>	<b>12.495</b>	<b>13.674</b>	<b>14.457</b>	<b>15.567</b>	<b>18.551</b>	<b>21.870</b>
<b>Mocambo (Sede)</b>	5.603	5.933	6.273	7.073	7.805	8.415
Outras pop. urbanas	261	276	292	329	364	392
População rural	6.631	7.464	7.892	8.164	10.382	13.063
<b>Morrinhos (Município)</b>	<b>15.741</b>	<b>17.329</b>	<b>19.474</b>	<b>21.504</b>	<b>26.418</b>	<b>31.898</b>
<b>Morrinhos (Sede)</b>	5.813	6.564	7.377	10.883	12.567	14.103
Sítio Alegre (Distrito)	855	966	1.085	1.601	1.848	2.074
Outras pop. urbanas	0	0	0	0	0	0
População rural	9.073	9.799	11.012	9.021	12.002	15.720
<b>Nova Russas (Município)</b>	<b>29.416</b>	<b>31.191</b>	<b>33.767</b>	<b>40.012</b>	<b>45.010</b>	<b>49.953</b>
<b>Nova Russas (Sede)</b>	15.705	16.599	17.971	24.731	26.861	28.565
Canindezinho (Distrito)	1.105	1.168	1.264	1.740	1.890	2.010
Nova Betânia (Distrito)	979	1.035	1.120	1.542	1.674	1.781
São Pedro (Distrito)	705	745	807	1.110	1.206	1.282
Outras pop. urbanas	954	1.008	1.092	1.502	1.632	1.735
População rural	9.968	10.635	11.513	9.387	11.747	14.581
<b>Pacujá (Município)</b>	<b>5.353</b>	<b>5.840</b>	<b>6.174</b>	<b>6.677</b>	<b>7.900</b>	<b>9.242</b>
<b>Pacujá (Sede)</b>	2.785	2.949	3.118	3.516	3.880	4.183
Outras pop. urbanas	0	0	0	0	0	0
População rural	2.568	2.891	3.056	3.162	4.021	5.059
<b>Pires Ferreira (Município)</b>	<b>10.457</b>	<b>11.625</b>	<b>12.291</b>	<b>12.943</b>	<b>15.995</b>	<b>19.578</b>
<b>Pires Ferreira (Sede)</b>	1.057	1.119	1.183	1.334	1.472	1.587
Santo Izidro (Distrito)	802	849	898	1.012	1.117	1.205
Outras pop. urbanas	326	345	365	412	454	490
População rural	8.272	9.311	9.845	10.185	12.951	16.296
<b>Reriutaba (Município)</b>	<b>20.114</b>	<b>22.111</b>	<b>23.377</b>	<b>25.013</b>	<b>30.118</b>	<b>35.900</b>
<b>Reriutaba (Sede)</b>	5.894	6.242	6.599	7.440	8.211	8.852
Amanaiara (Distrito)	1.653	1.750	1.851	2.087	2.303	2.483

**Tabela 10.1 - População atual e projeção populacional dos Municípios da bacia do Acaraú**



Municípios	População 1996 (FONTE: IBGE)	Projeção populacional				
		Anos				
		2000	2005	2010	2020	2030
Outras pop. urbanas	411	435	460	519	573	617
População rural	12.156	13.683	14.467	14.967	19.032	23.948
<b>Santa Quitéria (Município)</b>	<b>39.485</b>	<b>43.437</b>	<b>45.925</b>	<b>49.086</b>	<b>59.207</b>	<b>70.700</b>
<b>Santa Quitéria (Sede)</b>	12.169	12.887	13.625	15.361	16.952	18.276
Lisieux (Distrito)	1.079	1.143	1.208	1.362	1.503	1.621
Macarau (Distrito)	750	794	840	947	1.045	1.126
Outras pop. urbanas	1.139	1.206	1.275	1.438	1.587	1.711
População rural	24.348	27.407	28.977	29.979	38.120	47.966
<b>Santana do Acaraú (Município)</b>	<b>25.513</b>	<b>28.028</b>	<b>29.634</b>	<b>31.735</b>	<b>38.157</b>	<b>45.413</b>
<b>Santana do Acaraú (Sede)</b>	7.627	8.077	8.539	9.628	10.625	11.455
Mutambeiras (Distrito)	837	886	937	1.057	1.166	1.257
Parapui (Distrito)	1.130	1.197	1.265	1.426	1.574	1.697
Outras pop. urbanas	762	807	853	962	1.062	1.144
População rural	15.157	17.061	18.039	18.662	23.730	29.860
<b>Sobral (Município)</b>	<b>138.565</b>	<b>147.968</b>	<b>156.443</b>	<b>174.340</b>	<b>196.218</b>	<b>216.755</b>
<b>Sobral (Sede)</b>	103.571	109.679	115.961	130.740	144.282	155.551
Aracatiaçu (Distrito)	2.820	2.986	3.157	3.560	3.928	4.235
Jaibaras (Distrito)	2.971	3.146	3.326	3.750	4.139	4.462
Jordão (Distrito)	892	945	999	1.126	1.243	1.340
Taperuaba (Distrito)	3.165	3.352	3.544	3.995	4.409	4.753
Outras pop. urbanas	6.676	7.070	7.475	8.427	9.300	10.027
População rural	18.470	20.791	21.982	22.741	28.917	36.386
<b>Tamboril (Município)</b>	<b>27.265</b>	<b>28.984</b>	<b>31.378</b>	<b>32.410</b>	<b>37.790</b>	<b>43.670</b>
<b>Tamboril (Sede)</b>	5.593	5.912	6.400	8.807	9.566	10.173
Boa Esperança (Distrito)	886	936	1.014	1.395	1.515	1.611
Sucesso (Distrito)	2.721	2.876	3.114	4.285	4.654	4.949
Outras pop. urbanas	1.438	1.520	1.645	2.264	2.459	2.615
População rural	16.627	17.740	19.205	15.658	19.595	24.321
<b>Varjota (Município)</b>	<b>14.261</b>	<b>15.308</b>	<b>16.184</b>	<b>17.906</b>	<b>20.399</b>	<b>22.862</b>
<b>Varjota (Sede)</b>	10.271	10.877	11.500	12.965	14.308	15.426
Croatá (Distrito)	906	959	1.014	1.144	1.262	1.361
Outras pop. urbanas	0	0	0	0	0	0
População rural	3.084	3.471	3.670	3.797	4.828	6.076
<b>Resumo</b>	<b>629.771</b>	<b>684.551</b>	<b>737.465</b>	<b>808.778</b>	<b>953.658</b>	<b>1.109.631</b>
Pop. Urbana > 1000 hab.	329.261	355.964	382.719	471.351	524.948	570.678
Outras pop. Urbanas	17.379	18.509	19.743	23.639	26.110	28.178
População rural	283.131	310.077	335.003	313.788	402.599	510.775

Tabela 10.2 - População atual e projeção populacional dos Municípios da Sub-bacia do Coreaú



Municípios	Populacao 1996 (FONTE: IBGE)	Projeção populacional				
		Anos				
		2000	2005	2010	2020	2030
<b>Sub-bacia</b>	<b>290.719</b>	<b>315.339</b>	<b>341.699</b>	<b>371.211</b>	<b>432.766</b>	<b>498.278</b>
<b>Alcântaras (Município)</b>	<b>9.166</b>	<b>10.153</b>	<b>10.735</b>	<b>11.362</b>	<b>13.925</b>	<b>16.902</b>
<b>Alcântaras (Sede)</b>	2.133	2.259	2.388	2.693	2.971	3.204
Outras pop. urbanas	334	354	374	422	465	502
Populacao rural	6.699	7.541	7.973	8.248	10.488	13.197
<b>Barroquinha (Município)</b>	<b>13.007</b>	<b>13.907</b>	<b>14.970</b>	<b>15.995</b>	<b>18.344</b>	<b>20.835</b>
<b>Barroquinha (Sede)</b>	3.759	4.060	4.370	4.908	5.277	5.554
Bitupitá (Distrito)	2.623	2.833	3.049	3.425	3.682	3.876
Outras pop. urbanas	500	540	581	653	702	739
Populacao rural	6.125	6.475	6.970	7.009	8.683	10.666
<b>Camocim (Município)</b>	<b>51.533</b>	<b>55.316</b>	<b>59.543</b>	<b>64.895</b>	<b>72.547</b>	<b>80.057</b>
<b>Camocim (Sede)</b>	35.605	38.453	41.392	46.491	49.983	52.609
Outras pop. urbanas	1.096	1.184	1.274	1.431	1.539	1.619
Populacao rural	14.832	15.679	16.877	16.973	21.025	25.828
Turismo		146	340	580	1.780	5.850
<b>Chaval (Município)</b>	<b>11.275</b>	<b>12.099</b>	<b>13.023</b>	<b>14.171</b>	<b>15.875</b>	<b>17.561</b>
<b>Chaval (Sede)</b>	7.575	8.181	8.806	9.891	10.634	11.193
Outras pop. urbanas	282	305	328	368	396	417
Populacao rural	3.418	3.613	3.889	3.911	4.845	5.952
<b>Coreaú (Município)</b>	<b>19.013</b>	<b>20.724</b>	<b>21.911</b>	<b>23.726</b>	<b>28.012</b>	<b>32.695</b>
<b>Coreaú (Sede)</b>	5.843	6.188	6.542	7.376	8.140	8.775
Araquém (Dist.)	1.206	1.277	1.350	1.522	1.680	1.811
Ubaúna (Distrito)	2.466	2.611	2.761	3.113	3.435	3.704
Outras pop. urbanas	655	694	733	827	912	984
Populacao rural	8.843	9.954	10.524	10.888	13.845	17.421
<b>Frecheirinha (Município)</b>	<b>10.880</b>	<b>11.859</b>	<b>12.538</b>	<b>13.577</b>	<b>16.030</b>	<b>18.710</b>
<b>Frecheirinha (Sede)</b>	5.818	6.161	6.514	7.344	8.105	8.738
Outras pop. urbanas	0	0	0	0	0	0
Populacao rural	5.062	5.698	6.024	6.233	7.925	9.972
<b>Granja (Município)</b>	<b>44.084</b>	<b>47.047</b>	<b>50.642</b>	<b>53.586</b>	<b>62.225</b>	<b>71.637</b>
<b>Granja (Sede)</b>	12.590	13.597	14.636	16.439	17.674	18.603
Adrianópolis (Distrito)	1.499	1.619	1.743	1.957	2.104	2.215
Ibuguaçu (Distrito)	769	831	894	1.004	1.080	1.136
Parazinho (Distrito)	1.750	1.890	2.034	2.285	2.457	2.586
Pessoa Anta (Distrito)	922	996	1.072	1.204	1.294	1.362
Timonha (Distrito)	1.725	1.863	2.005	2.252	2.422	2.549
Outras pop. urbanas	192	207	223	251	270	284
Populacao rural	24.637	26.044	28.034	28.193	34.924	42.903
<b>Jijoca de Jericoaquara (Mun.)</b>	<b>9.751</b>	<b>10.346</b>	<b>11.137</b>	<b>11.427</b>	<b>13.800</b>	<b>16.542</b>
<b>Jijoca de Jericoaquara (Sede)</b>	1.662	1.795	1.932	2.170	2.333	2.456
Outras pop. urbanas	0	0	0	0	0	0
Populacao rural	8.089	8.551	9.204	9.256	11.467	14.086
<b>Martinópolis (Município)</b>	<b>7.313</b>	<b>7.856</b>	<b>8.456</b>	<b>9.253</b>	<b>10.291</b>	<b>11.289</b>
<b>Martinópolis (Sede)</b>	5.479	5.917	6.369	7.154	7.692	8.096
Populacao rural	1.834	1.939	2.087	2.099	2.600	3.194
<b>Moraújo (Município)</b>	<b>6.689</b>	<b>7.314</b>	<b>7.733</b>	<b>8.336</b>	<b>9.915</b>	<b>11.664</b>
<b>Moraújo (Sede)</b>	2.487	2.634	2.785	3.139	3.465	3.735
Outras pop. urbanas	745	789	834	940	1.038	1.119
Populacao rural	3.457	3.891	4.114	4.256	5.412	6.810
<b>Senador Sá (Município)</b>	<b>5.512</b>	<b>5.978</b>	<b>6.320</b>	<b>6.892</b>	<b>8.042</b>	<b>9.265</b>
<b>Senador Sá (Sede)</b>	2.130	2.256	2.385	2.689	2.967	3.199
Serrota (Distrito)	902	955	1.010	1.139	1.257	1.355
Outras pop. urbanas	373	395	418	471	520	560

Tabela 10.2 - População atual e projeção populacional dos Municípios da Sub-bacia do Coreau



Municípios	Populacao 1996 (FONTE: IBGE)	Projeção populacional				
		Anos				
		2000	2005	2010	2020	2030
Populacao rural	2.107	2.372	2.508	2.594	3.299	4.151
<b>Tianguá (Município)</b>	<b>49.243</b>	<b>56.513</b>	<b>62.681</b>	<b>73.276</b>	<b>85.544</b>	<b>97.862</b>
<b>Tianguá (Sede)</b>	27.922	35.016	38.838	50.190	56.485	61.806
Arapá (Distrito)	1.000	1.254	1.391	1.798	2.023	2.214
Caruataí (Distrito)	956	1.199	1.330	1.718	1.934	2.116
Outras pop. urbanas	895	1.122	1.245	1.609	1.811	1.981
Populacao rural	18.470	17.922	19.878	17.962	23.292	29.745
<b>Uruoca (Município)</b>	<b>10.115</b>	<b>10.813</b>	<b>11.639</b>	<b>12.423</b>	<b>14.266</b>	<b>16.227</b>
<b>Uruoca (Sede)</b>	3.642	3.933	4.234	4.756	5.113	5.381
Campanário (Distrito)	1.329	1.435	1.545	1.735	1.866	1.964
Outras pop. urbanas	286	309	332	373	401	423
Populacao rural	4.858	5.135	5.528	5.559	6.886	8.460
<b>Viçosa do Ceará (Município)</b>	<b>43.138</b>	<b>45.414</b>	<b>50.370</b>	<b>52.292</b>	<b>63.949</b>	<b>77.031</b>
<b>Viçosa do Ceará (Sede)</b>	8.768	10.996	12.196	15.761	17.737	19.408
Lambedouro (Distrito)	1.101	1.381	1.531	1.979	2.227	2.437
Quatiguaba (Distrito)	1.191	1.494	1.657	2.141	2.409	2.636
Outras pop. urbanas	1.474	1.848	2.050	2.650	2.982	3.263
Populacao rural	30.604	29.695	32.937	29.762	38.593	49.286
<b>Resumo</b>	<b>290.719</b>	<b>315.339</b>	<b>341.699</b>	<b>371.211</b>	<b>432.766</b>	<b>498.278</b>
Pop. Urbana > 1000 hab.	144.852	163.082	176.759	208.274	228.447	244.717
Outras pop. Urbanas	6.832	7.747	8.393	9.994	11.035	11.889
População rural	139.035	144.510	156.547	152.943	193.284	241.672

Tabela 10.3 - População atual e Projeção Populacional dos Municípios da Sub-bacia do Parnaíba



MONTGOMERY WATSON



Municípios	População 1996 FONTE: IBGE	Projeção Populacional				
		Anos				
		2000	2005	2010	2020	2030
<b>Sub-bacia</b>	<b>311.928</b>	<b>335.105</b>	<b>367.044</b>	<b>397.670</b>	<b>467.481</b>	<b>542.445</b>
<b>Ararendá (Município)</b>	<b>10.224</b>	<b>10.874</b>	<b>11.772</b>	<b>11.815</b>	<b>13.887</b>	<b>16.185</b>
<b>Ararendá (Sede)</b>	2.421	2.559	2.770	3.812	4.141	4.403
Santo Antônio (Distrito)	1.034	1.093	1.183	1.628	1.768	1.881
Outras pop. Urbanas	0	0	0	0	0	0
População rural	6.769	7.222	7.818	6.374	7.977	9.901
<b>Carnaubal (Município)</b>	<b>14.793</b>	<b>16.189</b>	<b>17.956</b>	<b>19.723</b>	<b>23.584</b>	<b>27.725</b>
<b>Carnaubal (Sede)</b>	6.469	8.112	8.998	11.628	13.087	14.319
Outras pop. urbanas	0	0	0	0	0	0
Populacao rural	8.324	8.077	8.958	8.095	10.497	13.405
<b>Crateús (Município)</b>	<b>65.229</b>	<b>69.177</b>	<b>74.891</b>	<b>87.930</b>	<b>99.139</b>	<b>110.322</b>
<b>Crateús (Sede)</b>	37.925	40.085	43.396	59.722	64.865	68.980
Ibiapaba (Distrito)	1.586	1.676	1.815	2.498	2.713	2.885
Montenebo (Distrito)	967	1.022	1.107	1.523	1.654	1.759
Outras pop. urbanas	1.389	1.468	1.589	2.187	2.376	2.526
Populacao rural	23.362	24.925	26.984	22.000	27.532	34.172
<b>Croatá (Município)</b>	<b>15.817</b>	<b>17.160</b>	<b>19.033</b>	<b>20.653</b>	<b>24.814</b>	<b>29.326</b>
<b>Croatá (Sede)</b>	3.331	4.177	4.633	5.988	6.739	7.373
Betânia (Distrito)	1.328	1.665	1.847	2.387	2.687	2.940
Outras pop. urbanas	1.730	2.170	2.406	3.110	3.500	3.829
Populacao rural	9.428	9.148	10.147	9.168	11.889	15.183
<b>G. do Norte (Município)</b>	<b>31.982</b>	<b>34.433</b>	<b>38.192</b>	<b>40.991</b>	<b>49.463</b>	<b>58.734</b>
<b>G. do Norte (Sede)</b>	7.606	9.538	10.579	13.672	15.387	16.836
Várzea dos Espinhos (Dist.)	1.031	1.293	1.434	1.853	2.086	2.282
Morrinhos Novos (Distrito)	1.218	1.527	1.694	2.189	2.464	2.696
Mucambo (Distrito)	1.109	1.391	1.543	1.993	2.243	2.455
Outras pop. urbanas	1.022	1.282	1.422	1.837	2.067	2.262
Populacao rural	19.996	19.402	21.520	19.446	25.216	32.203
<b>Ibiapina (Município)</b>	<b>20.905</b>	<b>22.364</b>	<b>24.805</b>	<b>26.375</b>	<b>31.946</b>	<b>38.086</b>
<b>Ibiapina (Sede)</b>	6.543	8.205	9.101	11.761	13.236	14.483
Outras pop. urbanas	785	984	1.092	1.411	1.588	1.738
Populacao rural	13.577	13.174	14.612	13.203	17.121	21.865
<b>Independência (Município)</b>	<b>23.447</b>	<b>24.924</b>	<b>26.982</b>	<b>27.945</b>	<b>32.559</b>	<b>37.596</b>
<b>Independência (Sede)</b>	8.259	8.729	9.451	13.006	14.126	15.022
Outras pop. urbanas	1.005	1.062	1.150	1.583	1.719	1.828
Populacao rural	14.183	15.132	16.382	13.356	16.715	20.746
<b>Ipaporanga (Município)</b>	<b>11.006</b>	<b>11.716</b>	<b>12.684</b>	<b>12.057</b>	<b>14.392</b>	<b>17.051</b>
<b>Ipaporanga (Sede)</b>	2.454	2.594	2.808	3.864	4.197	4.463
Outras pop. urbanas	219	231	251	345	375	398
Populacao rural	8.333	8.891	9.625	7.847	9.820	12.189
<b>Novo Oriente (Município)</b>	<b>25.455</b>	<b>27.050</b>	<b>29.285</b>	<b>30.834</b>	<b>35.765</b>	<b>41.094</b>
<b>Novo Oriente (Sede)</b>	10.841	11.458	12.405	17.072	18.542	19.718
Outras pop. urbanas	0	0	0	0	0	0
Populacao rural	14.614	15.592	16.880	13.762	17.223	21.376
<b>Poranga (Município)</b>	<b>11.381</b>	<b>12.085</b>	<b>13.084</b>	<b>14.347</b>	<b>16.462</b>	<b>18.689</b>
<b>Poranga (Sede)</b>	4.715	4.984	5.395	7.425	8.064	8.576
Outras pop. urbanas	1.019	1.077	1.166	1.605	1.743	1.853
Populacao rural	5.647	6.025	6.523	5.318	6.655	8.260
<b>Quiterianópolis (Município)</b>	<b>17.709</b>	<b>18.858</b>	<b>20.416</b>	<b>18.957</b>	<b>22.786</b>	<b>27.186</b>
<b>Quiterianópolis (Sede)</b>	3.120	3.298	3.570	4.913	5.336	5.675
Outras pop. urbanas	482	509	552	759	824	877
Populacao rural	14.107	15.051	16.294	13.285	16.625	20.635
<b>São Benedito (Município)</b>	<b>37.816</b>	<b>41.721</b>	<b>46.275</b>	<b>51.394</b>	<b>61.188</b>	<b>71.587</b>
<b>São Benedito (Sede)</b>	15.617	19.585	21.722	28.072	31.593	34.569
Inhuçu (Distrito)	1.523	1.910	2.118	2.738	3.081	3.371
Outras pop. urbanas	579	726	805	1.041	1.171	1.282
Populacao rural	20.097	19.500	21.629	19.544	25.343	32.365
<b>Ubajara (Município)</b>	<b>26.164</b>	<b>28.554</b>	<b>31.670</b>	<b>34.650</b>	<b>41.496</b>	<b>48.866</b>
<b>Ubajara (Sede)</b>	9.368	11.748	13.030	16.839	18.951	20.736
Araticum (Distrito)	1.153	1.446	1.604	2.073	2.332	2.552
Outras pop. urbanas	638	800	887	1.147	1.291	1.412
Populacao rural	15.005	14.560	16.149	14.592	18.922	24.165
<b>Resumo</b>	<b>311.928</b>	<b>335.105</b>	<b>367.044</b>	<b>397.670</b>	<b>467.481</b>	<b>542.445</b>
Pop. Urbana > 1000 hab.	129.618	148.096	162.204	216.655	239.291	257.973
Outras pop. Urbanas	8.868	10.310	11.320	15.024	16.654	18.006
População rural	173.442	176.699	193.520	165.992	211.536	266.466



A segunda crítica consiste na observação de que os sistemas atuais, em geral, têm deficiências, de maneira que, por uma razão ou outra, eles não ofertam água na forma (quantidade, tempo, pressão etc.) que os usuários desejam. Finalmente, argumenta-se que, apesar de tudo, por falta de hidrômetro para todos os usuários, o consumo agregado tende a ser maior do que deveria ser, uma vez que os usuários sem hidrômetro “abusam” do consumo de água.

O segundo método para estabelecer o nível de consumo per capita consiste em extrapolar para a comunidade em estudo o consumo per capita observado ou estimado para uma comunidade semelhante a que está sendo investigada.

Finalmente, a terceira forma de estimar o consumo per capita é através do método empírico, no qual o consumo per capita é estimado com o auxílio de funções de demanda. Reconhecendo as vantagens deste método e, também, as desvantagens dos métodos anteriores, é que o BNB - Banco do Nordeste do Brasil S/A, através de concorrência, solicitou à PBLM Consultores estudos no sentido de ajustar funções de demanda de água para o Nordeste brasileiro.

O primeiro estudo desenvolvido pela referida consultora para o BNB foi realizado em 1994, no qual o consumo d'água era estimado através da seguinte função de demanda:

$$Q = B_0 P^{B_1} Y^{B_2} N^{B_3} \quad \text{(Função 1)}$$

onde:

$Q$  = demanda de água mensal por família, m<sup>3</sup>/família/mês;

$P$  = preço da água, CR\$/m<sup>3</sup> (março/94, US\$1,00 = CR\$ 755,56);

$Y$  = Renda familiar, CR\$ (março/94, US\$ 1,00 = CR\$ 755,56);

$N$  = número de pessoas na família;

$B$  = coeficientes de regressão.

A função estimada tem os seguintes valores para os coeficientes e respectivos valores do teste t:



MONTGOMERY WATSON



$$B_0 = 1$$

$$B_1 = -0,3448 \quad (t = -13,610)$$

$$B_2 = 0,3238 \quad (t = 19,003)$$

$$B_3 = 0,5125 \quad (t = 8,976)$$

Mais recentemente (1997), a PBLM Consultores concluiu, para o BNB, um segundo estudo, de forma mais abrangente e detalhado, no qual são sugeridas duas funções de demanda para o Nordeste brasileiro:

**a) Nordeste fora do semi-árido**

$$\begin{aligned} \ln Q = 0,49071 - 0,55021 \ln P + 0,23881 \ln Y + 0,0803 \text{ No. de Cômodos} + 0,01789 \text{ Tempo} \\ \text{Residência} + 0,2691 \text{ Dumesg} \end{aligned}$$

**b) Nordeste semi-árido**

$$\begin{aligned} \ln Q = 0,49071 - 0,55021 \ln P + 0,210571 \ln Y + 0,0803 \text{ No. de Cômodos} + 0,01789 \text{ Tempo} \\ \text{Residência} + 0,2691 \text{ Dumesg} \end{aligned}$$

onde:

$Q$  = demanda de água mensal por família, m<sup>3</sup>/família/mês;

$P$  = preço da água, R\$/m<sup>3</sup> ;

$Y$  = Renda familiar mensal, R\$/família/mês:

*No. de cômodos* = número de cômodos existentes na residência (quartos, salas, banheiros etc.);

*Tempo de Residência* = Tempo desde que a família passou a residir no domicílio, expresso em anos;

*Dumesg* = Variável “dummy” que equivale a “1” se o domicílio estiver conectado a um sistema público de esgoto e a “0”, em caso contrário.

Com base nestas funções, várias consultoras desenvolveram estudos de abastecimento humano para diversas comunidades do Nordeste brasileiro. Especificamente para o Estado do Ceará, foram desenvolvidos estudos para as comunidades de Itapipoca, Pecém, São Gonçalo do Amarante e Lagoinha, entre outras, pela VBA Consultores e para as comunidades de

Barrento e Marinheiros, entre outras, pela NE Consult. Os resultados relativos a consumo d'água nestas comunidades estão resumidos na Tabela 10.4, a seguir.

Considerando-se os resultados destas pesquisas, optou-se em utilizar nos estudos de demanda de água para abastecimento humano, os seguintes níveis de consumo per capita:

- i) Pequenas comunidades (até 5.000 habitantes)  $\Rightarrow$  95 litros/habitante/dia;
- ii) Médias comunidades (> 5.000 até 20.000 habitantes)  $\Rightarrow$  103 litros/habitante/dia;
- iii) Grandes comunidades (> 20.000 habitantes)  $\Rightarrow$  120 litros/habitante/dia.

**Tabela 10.4 - Consumo per capita d'água em comunidades do Estado do Ceará**

Localidades	Consumo		Taxa de Ocupação	População
	(m <sup>3</sup> /fam./mês)	(l/hab./dia)	(hab./família)	Habitantes
Itapipoca	16,933	119,58	4,72	43.312
Pecém	14,800	103,21	4,78	4.022
S.G. Amarante	13,920	103,57	4,48	5.289
Lagoinha	13,820	95,38	4,83	1.538
Barrento	12,587	93,86	4,47	562

FONTE: PROURB/PROGERIRH Eixo de Integração Jaguaribe – Icapuí, Vol. 6 Estudos de Viabilidade Econômico-Financeiro, out. 99

Assim, foram admitidas que os núcleos urbanos identificados com população até 5.000 habitantes teriam uma dotação “per capita” de 95 l/ hab./dia, enquanto que as cidades com população entre 5.000 e 20.000 habitantes uma dotação “per capita” de 103 l/hab./dia. Para as cidades com mais de 20.000 habitantes considerou-se, portanto, uma dotação “per capita” de 120 l/hab./dia.

No caso das localidades não ligadas à rede, considerou-se um consumo médio de 44,77 litros/habitante/dia, obtido através do estudo “Execução de Serviços Técnicos Sobre a Demanda de Água no Nordeste” (1997) desenvolvido pela PBLM Consultoria para o Banco do Nordeste.

Assim, os valores da demanda da situação sem projeto resultam do somatório relativo a demanda das populações ligadas, que é igual ao produto: população x consumo *per capita* x



MONTGOMERY WATSON



nível de cobertura, e as populações não conectadas, esta última resultante do produto: população x consumo *per capita*. Admitiu-se que este nível de demanda será mantido constante durante todo o horizonte de análise do projeto.

As Tabelas 10.5 a 10.9 apresentam os valores da demanda da situação "sem projeto".

#### **10.2.2.2. Situação Com Projeto**

Para a situação com projeto a demanda de água é calculada multiplicando-se o consumo per capita proposto pela população projetada de cada ano do horizonte de análise do projeto.

Com respeito aos padrões futuros de demanda per capita, sabe-se que existe uma grande variação entre os grandes centros urbanos e os menores, fato comprovado pela correlação positiva entre as taxas "per capita" e o tamanho das cidades. Entretanto, nesta avaliação preliminar foram consideradas taxas progressivas de consumo "per capita" média, a qual se acredita vir a ser as dotações futuras médias mais representativas para as populações estudadas.

Segundo dados recentes publicados pela COGERH (1999), as demandas per capita municipais na região da Ibiapaba variam bastante, podendo-se encontrar valores de 55 l/hab./dia em Croatá a 282 l/hab./dia em Crateús. A grande variabilidade do consumo per capita diário na região é registrada, segundo a COGERH, pelos valores a seguir: Carnaubal - 200 l/hab./dia; Forquilha - 157 l/hab./dia; Independência - 166 l/hab./dia e Ubajara - 121 l/hab./dia.



MONTGOMERY WATSON



**TABELA 10.5 - Demanda Sem Projeto na Região a ser Suprida pela Infra-estrutura Planejada - Aç. Fronteiras**

Anos	Demanda Irrigação (m3/ano) G1	Usuários Humanos*		TOTAL (m3/ano)
		Demanda (m3/ano)		
		20% Canteiros		
		G2	G3	
<b>0</b>	-	<b>52.950</b>	-	<b>52.950</b>
1	-	52.950	-	52.950
2	-	52.950	-	52.950
3	-	52.950	-	52.950
4	-	52.950	-	52.950
<b>5</b>	-	52.950	-	<b>52.950</b>
6	-	52.950	-	52.950
7	-	52.950	-	52.950
8	-	52.950	-	52.950
9	-	52.950	-	52.950
<b>10</b>	-	52.950	-	<b>52.950</b>
11	-	52.950	-	52.950
12	-	52.950	-	52.950
13	-	52.950	-	52.950
14	-	52.950	-	52.950
15	-	52.950	-	52.950
16	-	52.950	-	52.950
17	-	52.950	-	52.950
18	-	52.950	-	52.950
19	-	52.950	-	52.950
<b>20</b>	-	52.950	-	<b>52.950</b>
21	-	52.950	-	52.950
22	-	52.950	-	52.950
23	-	52.950	-	52.950
24	-	52.950	-	52.950
25	-	52.950	-	52.950
26	-	52.950	-	52.950
27	-	52.950	-	52.950
28	-	52.950	-	52.950
29	-	52.950	-	52.950
<b>30</b>	-	<b>52.950</b>	-	<b>52.950</b>

\* Usuários

Grupo 1 - Usuários de água bruta para irrigação

Grupo 2 - Usuários humanos em áreas difusas

Grupo 3 - Usuários urbanos residenciais.



MONTGOMERY WATSON



TABELA 10.6 - Demanda Sem Projeto na Região a ser Suprida pela Infra-estrutura Planejada - Açudes Inhuçu e Lontras

Anos	Demanda Irrigação (m3/ano)	Usuários Humanos*												TOTAL (m3/ano)
		Demanda (m3/ano)												
		G2						G3						
G1	Ararendá	Croatá	Ipaporanga	Ipueiras	Ipú	Nova Russas	Ararendá	Croatá	Ipaporanga	Ipú	Ipueiras	Nova Russas		
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>118.014</b>	<b>27.865</b>	<b>145.282</b>	<b>94.157</b>	<b>121.867</b>	<b>110.780</b>	<b>59.674</b>	<b>24.405</b>	<b>46.167</b>	-	<b>120.759</b>	<b>228.446</b>	<b>1.097.416</b>
1	0	118.014	27.865	145.282	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.416
2	0	118.014	27.865	145.282	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.416
3	0	118.014	27.865	145.282	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.416
4	0	118.014	27.865	145.282	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.416
<b>5</b>	<b>0</b>	<b>118.014</b>	<b>27.865</b>	<b>145.283</b>	<b>94.157</b>	<b>121.867</b>	<b>110.780</b>	<b>59.674</b>	<b>24.405</b>	<b>46.167</b>	-	<b>120.759</b>	<b>228.446</b>	<b>1.097.417</b>
6	0	118.014	27.865	145.284	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.418
7	0	118.014	27.865	145.285	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.419
8	0	118.014	27.865	145.286	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.420
9	0	118.014	27.865	145.287	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.421
<b>10</b>	<b>0</b>	<b>118.014</b>	<b>27.865</b>	<b>145.288</b>	<b>94.157</b>	<b>121.867</b>	<b>110.780</b>	<b>59.674</b>	<b>24.405</b>	<b>46.167</b>	-	<b>120.759</b>	<b>228.446</b>	<b>1.097.422</b>
11	0	118.014	27.865	145.289	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.423
12	0	118.014	27.865	145.290	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.424
13	0	118.014	27.865	145.291	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.425
14	0	118.014	27.865	145.292	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.426
15	0	118.014	27.865	145.293	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.427
16	0	118.014	27.865	145.294	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.428
17	0	118.014	27.865	145.295	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.429
18	0	118.014	27.865	145.296	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.430
19	0	118.014	27.865	145.297	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.431
<b>20</b>	<b>0</b>	<b>118.014</b>	<b>27.865</b>	<b>145.298</b>	<b>94.157</b>	<b>121.867</b>	<b>110.780</b>	<b>59.674</b>	<b>24.405</b>	<b>46.167</b>	-	<b>120.759</b>	<b>228.446</b>	<b>1.097.432</b>
21	0	118.014	27.865	145.299	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.433
22	0	118.014	27.865	145.300	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.434
23	0	118.014	27.865	145.301	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.435
24	0	118.014	27.865	145.302	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.436
25	0	118.014	27.865	145.303	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.437
26	0	118.014	27.865	145.304	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.438
27	0	118.014	27.865	145.305	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.439
28	0	118.014	27.865	145.306	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.440
29	0	118.014	27.865	145.307	94.157	121.867	110.780	59.674	24.405	46.167	-	120.759	228.446	1.097.441
<b>30</b>	<b>0</b>	<b>118.014</b>	<b>27.865</b>	<b>145.308</b>	<b>94.157</b>	<b>121.867</b>	<b>110.780</b>	<b>59.674</b>	<b>24.405</b>	<b>46.167</b>	-	<b>120.759</b>	<b>228.446</b>	<b>1.097.442</b>

\* Usuários



MONTGOMERY WATSON



**TABELA 10.7 - Demanda Sem Projeto na Região a ser Suprida pela Infra-estrutura Planejada - Açudes Inhuçu e Lontras**

Anos	Demanda Irrigação (m3/ano)	Usuários Humanos*						TOTAL (m3/ano)
		Demanda (m3/ano)						
		G2			G3			
		Graça	Mucambo	Pacujá	Graça	Mucambo	Pacujá	
<b>0</b>	-	-	-	-	<b>14.893</b>	<b>39.685</b>	<b>21.812</b>	<b>76.390</b>
1	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
2	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
3	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
4	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
<b>5</b>	-	-	-	-	<b>14.893</b>	<b>39.685</b>	<b>21.812</b>	<b>76.390</b>
6	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
7	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
8	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
9	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
<b>10</b>	-	-	-	-	<b>14.893</b>	<b>39.685</b>	<b>21.812</b>	<b>76.390</b>
11	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
12	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
13	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
14	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
15	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
16	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
17	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
18	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
19	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
<b>20</b>	-	-	-	-	<b>14.893</b>	<b>39.685</b>	<b>21.812</b>	<b>76.390</b>
21	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
22	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
23	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
24	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
25	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
26	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
27	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
28	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
29	-	-	-	-	14.893	39.685	21.812	76.390
<b>30</b>	-	-	-	-	<b>14.893</b>	<b>39.685</b>	<b>21.812</b>	<b>76.390</b>

\* Usuários

Grupo 1 - Usuários de água bruta para irrigação

Grupo 2 - Usuários humanos em áreas difusas

Grupo 3 - Usuários urbanos residenciais (sedes municipais e distritais)



MONTGOMERY WATSON



**TABELA 10.8 - Demanda Sem Projeto na Região a ser Suprida pela Infra-estrutura Planejada - Aç. Frecheirinha**

Anos	Demanda Irrigação (m3/ano) G1	Usuários Humanos*		TOTAL (m3/ano)
		Demanda (m3/ano)		
		Frecheirinha		
		G2	G3	
<b>0</b>	-	<b>22.747</b>	<b>43.388</b>	<b>66.136</b>
1	-	22.747	43.388	66.136
2	-	22.747	43.388	66.136
3	-	22.747	43.388	66.136
4	-	22.747	43.388	66.136
<b>5</b>	-	<b>22.747</b>	<b>43.388</b>	<b>66.136</b>
6	-	22.747	43.388	66.136
7	-	22.747	43.388	66.136
8	-	22.747	43.388	66.136
9	-	22.747	43.388	66.136
<b>10</b>	-	<b>22.747</b>	<b>43.388</b>	<b>66.136</b>
11	-	22.747	43.388	66.136
12	-	22.747	43.388	66.136
13	-	22.747	43.388	66.136
14	-	22.747	43.388	66.136
15	-	22.747	43.388	66.136
16	-	22.747	43.388	66.136
17	-	22.747	43.388	66.136
18	-	22.747	43.388	66.136
19	-	22.747	43.388	66.136
<b>20</b>	-	<b>22.747</b>	<b>43.388</b>	<b>66.136</b>
21	-	22.747	43.388	66.136
22	-	22.747	43.388	66.136
23	-	22.747	43.388	66.136
24	-	22.747	43.388	66.136
25	-	22.747	43.388	66.136
26	-	22.747	43.388	66.136
27	-	22.747	43.388	66.136
28	-	22.747	43.388	66.136
29	-	22.747	43.388	66.136
<b>30</b>	-	<b>22.747</b>	<b>43.388</b>	<b>66.136</b>

\* Usuários

Grupo 1 - Usuários de água bruta para irrigação

Grupo 2 - Usuários humanos em áreas difusas

Grupo 3 - Usuários urbanos residenciais (sedes municipais e distritais).





MONTGOMERY WATSON



TABELA 10.9 - Demanda Sem Projeto

Anos	Demanda Irrigação (m3/ano) G1	Usuários Humanos*		TOTAL (m3/ano)
		Demanda (m3/ano)		
		Total		
		G2	G3	
<b>0</b>	-	<b>693.662</b>	<b>599.230</b>	<b>1.292.892</b>
1	-	693.662	599.230	1.292.892
2	-	693.662	599.230	1.292.892
3	-	693.662	599.230	1.292.892
4	-	693.662	599.230	1.292.892
<b>5</b>	-	<b>693.663</b>	<b>599.230</b>	<b>1.292.893</b>
6	-	693.664	599.230	1.292.894
7	-	693.665	599.230	1.292.895
8	-	693.666	599.230	1.292.896
9	-	693.667	599.230	1.292.897
<b>10</b>	-	<b>693.668</b>	<b>599.230</b>	<b>1.292.898</b>
11	-	693.669	599.230	1.292.899
12	-	693.670	599.230	1.292.900
13	-	693.671	599.230	1.292.901
14	-	693.672	599.230	1.292.902
15	-	693.673	599.230	1.292.903
16	-	693.674	599.230	1.292.904
17	-	693.675	599.230	1.292.905
18	-	693.676	599.230	1.292.906
19	-	693.677	599.230	1.292.907
<b>20</b>	-	<b>693.678</b>	<b>599.230</b>	<b>1.292.908</b>
21	-	693.679	599.230	1.292.909
22	-	693.680	599.230	1.292.910
23	-	693.681	599.230	1.292.911
24	-	693.682	599.230	1.292.912
25	-	693.683	599.230	1.292.913
26	-	693.684	599.230	1.292.914
27	-	693.685	599.230	1.292.915
28	-	693.686	599.230	1.292.916
29	-	693.687	599.230	1.292.917
<b>30</b>	-	<b>693.688</b>	<b>599.230</b>	<b>1.292.918</b>

\* Usuários

Grupo 1 - Usuários de água bruta para irrigação

Grupo 2 - Usuários humanos em áreas difusas

Grupo 3 - Usuários urbanos residenciais (sedes municipais e distritais)

No Estado do Ceará os valores de consumo per capita variam, em geral, de 100 a 150 l/hab./dia. Para a região de estudo adotou-se uma média de consumo doméstico per capita diário atual de 130 l. Cumpre ressaltar que o baixo valor de consumo per capita médio encontrado para a região tem como principal causa a escassez de água disponível a que está sendo submetida a população local e que, com os futuros cenários de desenvolvimento sócio-econômico, vislumbra-se um aumento progressivo dos valores de consumo per capita.

Porém, a extrapolação de um cenário de longo prazo não pode ser realizada de uma forma simplista, o que significa que deve-se buscar analisar o conjunto de fatores que possam influenciar o crescimento da demanda no futuro.

Tendo em vista a dificuldade de obtenção de um maior número de variáveis nas projeções de demanda, busca-se, geralmente, nos estudos empíricos, indicar quais as principais variáveis indicadoras do consumo. Levando-se em conta essa pressuposição, trataremos, basicamente, da procura atual e da evolução do consumo, tomando por base as seguintes variáveis:

- ❖ Taxa de crescimento da população;
- ❖ Consumo “per capita”;
- ❖ Coeficiente de elasticidade-renda da procura;
- ❖ Taxa de crescimento da renda “per capita”.

O método consiste em última análise em projetar o consumo “per capita” baseando-se na extrapolação do crescimento da renda “per capita” e da população, ponderando-se os seus efeitos sobre o crescimento de consumo com o coeficiente de elasticidade-renda. Uma vez conhecida a taxa de crescimento da renda per capita  $\Delta y/y$ , a taxa de crescimento da população  $\Delta n/n$  e o coeficiente elasticidade-renda ( $e$ ), torna-se fácil determinar a taxa de crescimento do consumo per capita  $\Delta c/c$ , da seguinte forma:  $\Delta c/c = \Delta y/y \cdot e + \Delta n/n$ .

Para a apropriação das variáveis referidas foram utilizados os dados da taxa de crescimento da renda per capita e taxa de crescimento da população oriundos do estudo de planejamento regional. Para o coeficiente elasticidade-renda utilizou-se os parâmetros da função de demanda sugerida para o Nordeste semi-árido com base no estudo desenvolvido pela PBLM Consultores (1997) para o Banco do Nordeste abaixo discriminada:



MONTGOMERY WATSON



$$\ln Q = 0,49071 - 0,55021 \ln P + 0,210571 \ln Y + 0,0803 \text{ No. de Cômodos} + 0,01789 \text{ Tempo} \\ \text{Residência} + 0,2691 \text{ Dumesg}$$

onde:

$Q$  = demanda de água mensal por família, m<sup>3</sup>/família/mês;

$P$  = preço da água, R\$/m<sup>3</sup> ;

$Y$  = Renda familiar mensal, R\$/família/mês:

*No. de cômodos* = número de cômodos existentes na residência (quartos, salas, banheiros, etc.);

*Tempo de Residência* = Tempo desde que a família passou a residir no domicílio, expresso em anos;

*Dumesg* = Variável “dummy” que equivale a “1” se o domicílio estiver conectado a um sistema público de esgoto e a “0”, em caso contrário.

Assim, admitindo-se que a taxa de crescimento do consumo per capita varia em função da renda per capita e do coeficiente elasticidade-renda, estimou-se os seguintes valores médios do consumo per capita futuro: 2005 – 144 l/hab./dia; 2010 – 163 l/hab./dia; 2020 – 209 l/hab./dia e 2030 – 266 l/hab./dia.

Entretanto, para efeito de cálculo da demanda real em toda a bacia, admitiu-se uma evolução dos consumos per capita para os cenários de 2005, 2010, 2020 e 2030 em 150, 170, 210 e 250 l/hab./dia, respectivamente.

As Tabelas 10.10 a 10.15 apresentam em resumo os valores da demanda futura de água com o projeto.



MONTGOMERY WATSON



**TABELA 10.10 - Demanda Com Projeto na Região a ser Suprida pela Infra-estrutura Planejada - Aç. Fronteiras**

Anos	Demanda Irrigação (m3/ano) G1	Usuários Humanos*		TOTAL (m3/ano)
		Demanda (m3/ano)		
		20% Cateús		
		G2	G3	
<b>0</b>	<b>7.200.000</b>	<b>218.346</b>	-	<b>7.418.346</b>
1	7.200.000	221.953	-	7.421.953
2	7.200.000	225.559	-	7.425.559
3	7.200.000	229.166	-	7.429.166
4	7.200.000	232.773	-	7.432.773
<b>5</b>	<b>43.200.000</b>	<b>236.380</b>	-	<b>43.436.380</b>
6	68.400.000	227.649	-	68.627.649
7	86.220.000	218.918	-	86.438.918
8	86.220.000	210.186	-	86.430.186
9	86.220.000	201.455	-	86.421.455
<b>10</b>	<b>142.833.500</b>	<b>192.724</b>	-	<b>143.026.224</b>
11	142.833.500	203.599	-	143.037.099
12	159.466.667	214.475	-	159.681.141
13	159.466.667	225.350	-	159.692.017
14	192.733.000	236.226	-	192.969.226
15	<b>192.733.000</b>	247.101	-	192.980.101
16	292.532.000	257.976	-	292.789.976
17	292.532.000	268.852	-	292.800.852
18	292.532.000	279.727	-	292.811.727
19	292.532.000	290.603	-	292.822.603
<b>20</b>	<b>292.532.000</b>	<b>301.478</b>	-	<b>292.833.478</b>
21	292.532.000	308.749	-	292.840.749
22	292.532.000	316.020	-	292.848.020
23	292.532.000	323.291	-	292.855.291
24	292.532.000	330.562	-	292.862.562
25	292.532.000	337.833	-	292.869.833
26	292.532.000	345.104	-	292.877.104
27	292.532.000	352.375	-	292.884.375
28	292.532.000	359.645	-	292.891.645
29	292.532.000	366.916	-	292.898.916
<b>30</b>	<b>292.532.000</b>	<b>374.187</b>	-	<b>292.906.187</b>

\* Usuários

Grupo 1 - Usuários de água bruta para irrigação

Grupo 2 - Usuários humanos em áreas difusas

Grupo 3 - Usuários urbanos residenciais (sedes municipais e distritais)



TABELA 10.11 - Demanda Com Projeto na Região a ser Suprida pela Infra-estrutura Planejada - Açudes Inhuçu e Lontras

Anos	Demanda Irrigação (m3/ano) G1	Usuários Humanos*												TOTAL (m3/ano)
		Demanda (m3/ano)												
		G2						G3						
Ararendá	Croatá	Ipaporanga	Ipueiras	Ipú	Nova Russas	Ararendá	Croatá	Ipaporanga	Ipueiras	Ipú	Nova Russas			
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>316.322</b>	<b>400.687</b>	<b>389.409</b>	<b>1.001.351</b>	<b>267.252</b>	<b>465.814</b>	<b>199.935</b>	<b>438.665</b>	<b>154.682</b>	<b>878.348</b>	-	<b>1.216.305</b>	<b>2.688.000</b>
1	0	321.547	409.075	395.842	1.017.892	272.846	473.509	203.238	447.849	157.238	892.500	-	1.236.401	5.827.936
2	0	326.772	417.639	402.274	1.034.433	278.558	481.204	206.541	457.224	159.793	906.652	-	1.256.496	5.927.587
3	0	331.998	426.381	408.707	1.050.975	284.389	488.898	209.845	466.796	162.349	920.804	-	1.276.592	6.027.734
4	0	337.223	435.307	415.139	1.067.516	290.343	496.593	213.148	476.569	164.904	934.956	-	1.296.687	6.128.385
<b>5</b>	<b>27.925.333</b>	<b>342.448</b>	<b>444.420</b>	<b>421.572</b>	<b>1.084.057</b>	<b>296.421</b>	<b>504.288</b>	<b>216.451</b>	<b>486.546</b>	<b>167.460</b>	<b>950.908</b>	-	<b>1.316.783</b>	<b>34.156.686</b>
6	41.888.000	329.799	435.501	406.000	1.044.015	290.472	485.661	232.736	512.150	180.059	1.022.452	-	1.415.854	48.242.700
7	83.776.000	317.150	426.761	390.429	1.003.973	284.642	467.034	249.022	539.101	192.659	1.093.996	-	1.514.926	90.255.692
8	83.776.000	304.501	418.196	374.857	963.931	278.930	448.407	265.307	567.470	205.258	1.165.540	-	1.613.997	90.382.395
9	83.776.000	291.852	409.803	359.286	923.889	273.332	429.780	281.593	597.332	217.858	1.237.084	-	1.713.069	90.510.877
<b>10</b>	<b>113.536.000</b>	<b>279.203</b>	<b>401.579</b>	<b>343.714</b>	<b>883.847</b>	<b>267.847</b>	<b>411.153</b>	<b>297.878</b>	<b>628.766</b>	<b>230.457</b>	<b>1.308.628</b>	-	<b>1.812.140</b>	<b>120.401.211</b>
11	128.416.000	294.959	412.151	363.110	933.723	274.898	434.354	311.228	654.809	240.785	1.367.275	-	1.893.353	135.596.644
12	173.056.000	310.714	423.001	382.506	983.598	282.135	457.556	324.577	681.931	251.113	1.425.922	-	1.974.565	180.553.619
13	173.056.000	326.470	434.137	401.901	1.033.474	289.562	480.757	337.927	710.176	261.441	1.484.570	-	2.055.778	180.872.193
14	173.056.000	342.225	445.566	421.297	1.083.349	297.185	503.959	351.276	739.591	271.769	1.543.217	-	2.136.990	181.192.426
15	173.056.000	357.981	457.296	440.693	1.133.225	305.009	527.160	364.626	770.225	282.098	1.601.864	-	2.218.203	181.514.380
16	173.056.000	373.736	469.335	460.089	1.183.101	313.039	550.361	377.976	802.127	292.426	1.660.511	-	2.299.416	181.838.116
17	173.056.000	389.492	481.691	479.485	1.232.976	321.280	573.563	391.325	835.351	302.754	1.719.158	-	2.380.628	182.163.703
18	173.056.000	405.247	494.372	498.880	1.282.852	329.738	596.764	404.675	869.951	313.082	1.777.806	-	2.461.841	182.491.207
19	173.056.000	421.003	507.387	518.276	1.332.727	338.419	619.966	418.024	905.984	323.410	1.836.453	-	2.543.053	182.820.702
<b>20</b>	<b>230.820.000</b>	<b>436.758</b>	<b>650.931</b>	<b>537.672</b>	<b>1.382.603</b>	<b>347.328</b>	<b>643.167</b>	<b>431.374</b>	<b>943.509</b>	<b>333.738</b>	<b>1.895.100</b>	-	<b>2.624.266</b>	<b>241.046.446</b>
21	230.820.000	426.225	667.047	550.639	1.415.948	355.927	658.679	434.111	952.040	335.855	1.907.122	-	2.640.913	241.164.506
22	230.820.000	415.691	683.562	563.607	1.449.293	364.740	674.190	436.847	960.649	337.972	1.919.144	-	2.657.561	241.283.255
23	230.820.000	405.158	700.487	576.574	1.482.638	373.770	689.702	439.584	969.335	340.089	1.931.165	-	2.674.208	241.402.710
24	230.820.000	394.624	717.830	589.541	1.515.983	383.024	705.213	442.320	978.100	342.206	1.943.187	-	2.690.855	241.522.885
25	230.820.000	384.091	735.602	602.509	1.549.328	392.508	720.725	445.057	986.945	344.324	1.955.209	-	2.707.503	241.643.798
26	230.820.000	373.557	753.815	615.476	1.582.673	402.226	736.237	447.793	995.869	346.441	1.967.231	-	2.724.150	241.765.466
27	230.820.000	363.024	772.479	628.443	1.616.018	412.184	751.748	450.530	1.004.874	348.558	1.979.253	-	2.740.797	241.887.906
28	230.820.000	352.490	791.604	641.410	1.649.363	422.390	767.260	453.266	1.013.960	350.675	1.991.274	-	2.757.444	242.011.137
29	230.820.000	341.957	811.203	654.378	1.682.708	432.847	782.771	456.003	1.023.129	352.792	2.003.296	-	2.774.092	242.135.175
<b>30</b>	<b>230.820.000</b>	<b>542.093</b>	<b>831.288</b>	<b>667.345</b>	<b>1.716.053</b>	<b>443.564</b>	<b>798.283</b>	<b>458.739</b>	<b>1.032.380</b>	<b>354.909</b>	<b>2.015.318</b>	-	<b>2.790.739</b>	<b>242.470.711</b>

\* Usuários



MONTGOMERY WATSON



**TABELA 10.12 - Demanda Com Projeto na Região a ser Suprida pela Infra-estrutura Planejada - Açudes Inhuçu e Lontras**

Anos	Demanda Irrigação (m3/ano) G1	Usuários Humanos*						TOTAL (m3/ano)
		Demanda (m3/ano)						
		G2			G3			
		Graça	Mucambo	Pacujá	Graça	Mucambo	Pacujá	
<b>0</b>	-	-	-	-	<b>35.182</b>	<b>124.972</b>	<b>73.082</b>	<b>233.236</b>
1	-	-	-	-	35.576	126.372	73.900	235.849
2	-	-	-	-	35.975	127.787	74.728	238.490
3	-	-	-	-	36.378	129.219	75.565	241.162
4	-	-	-	-	36.785	130.666	76.412	243.863
<b>5</b>	-	-	-	-	<b>37.197</b>	<b>132.130</b>	<b>77.268</b>	<b>246.595</b>
6	-	-	-	-	38.101	135.338	79.144	252.582
7	-	-	-	-	39.026	138.624	81.065	258.715
8	-	-	-	-	39.973	141.990	83.034	264.997
9	-	-	-	-	40.944	145.438	85.050	271.431
<b>10</b>	-	-	-	-	<b>41.938</b>	<b>148.969</b>	<b>87.115</b>	<b>278.022</b>
11	-	-	-	-	43.590	154.835	90.546	288.971
12	-	-	-	-	45.306	160.933	94.111	300.350
13	-	-	-	-	47.090	167.270	97.817	312.178
14	-	-	-	-	48.945	173.857	101.669	324.471
15	-	-	-	-	50.872	180.704	105.673	337.249
16	-	-	-	-	52.875	187.820	109.834	350.530
17	-	-	-	-	54.958	195.216	114.160	364.334
18	-	-	-	-	57.122	202.904	118.655	378.681
19	-	-	-	-	59.371	210.894	123.328	393.593
<b>20</b>	-	-	-	-	<b>61.709</b>	<b>219.199</b>	<b>128.185</b>	<b>409.093</b>
21	-	-	-	-	62.175	220.854	129.152	412.181
22	-	-	-	-	62.645	222.521	130.127	415.293
23	-	-	-	-	63.117	224.201	131.110	418.428
24	-	-	-	-	63.594	225.894	132.099	421.587
25	-	-	-	-	64.074	227.599	133.097	424.770
26	-	-	-	-	64.558	229.317	134.101	427.976
27	-	-	-	-	65.045	231.048	135.114	431.207
28	-	-	-	-	65.536	232.793	136.134	434.462
29	-	-	-	-	66.031	234.550	137.162	437.742
<b>30</b>	-	-	-	-	<b>66.529</b>	<b>236.321</b>	<b>138.197</b>	<b>441.047</b>

\* Usuários

Grupo 1 - Usuários de água bruta para irrigação

Grupo 2 - Usuários humanos em áreas difusas

Grupo 3 - Usuários urbanos residenciais (sedes municipais e distritais)



MONTGOMERY WATSON



**TABELA 9.13 - Demanda Com Projeto na Região a ser Suprida pela Infra-estrutura Planejada - Aç. Frecheirinha**

Anos	Demanda Irrigação (m3/ano) G1	Usuários Humanos*		TOTAL (m3/ano)
		Demanda (m3/ano)		
		Frecheirinha		
		G2	G3	
<b>0</b>	-	<b>249.573</b>	<b>371.053</b>	<b>620.626</b>
1	-	252.432	375.303	627.736
2	-	255.291	379.554	634.845
3	-	258.151	383.804	641.955
4	-	261.010	388.055	649.064
<b>5</b>	<b>15.960.000</b>	<b>263.869</b>	<b>392.305</b>	<b>16.616.174</b>
6	15.960.000	265.693	402.305	16.627.998
7	15.960.000	267.517	412.304	16.639.822
8	15.960.000	269.342	422.304	16.651.645
9	15.960.000	271.166	432.303	16.663.469
<b>10</b>	<b>15.960.000</b>	<b>272.990</b>	<b>442.303</b>	<b>16.675.293</b>
11	15.960.000	289.082	463.155	16.712.237
12	15.960.000	305.173	484.007	16.749.180
13	15.960.000	321.265	504.859	16.786.124
14	15.960.000	337.356	525.711	16.823.067
15	15.960.000	353.448	546.563	16.860.011
16	15.960.000	369.540	567.414	16.896.954
17	15.960.000	385.631	588.266	16.933.898
18	15.960.000	401.723	609.118	16.970.841
19	15.960.000	417.814	629.970	17.007.785
<b>20</b>	<b>15.960.000</b>	<b>433.906</b>	<b>650.822</b>	<b>17.044.728</b>
21	15.960.000	445.114	655.906	17.061.019
22	15.960.000	456.322	660.989	17.077.311
23	15.960.000	467.529	666.073	17.093.602
24	15.960.000	478.737	671.156	17.109.893
25	15.960.000	489.945	676.240	17.126.185
26	15.960.000	501.153	681.323	17.142.476
27	15.960.000	512.361	686.407	17.158.767
28	15.960.000	523.568	691.490	17.175.058
29	15.960.000	534.776	696.574	17.191.350
<b>30</b>	<b>15.960.000</b>	<b>545.984</b>	<b>701.657</b>	<b>17.207.641</b>

\* Usuários

Grupo 1 - Usuários de água bruta para irrigação

Grupo 2 - Usuários humanos em áreas difusas

Grupo 3 - Usuários urbanos residenciais (sedes municipais e distritais)



MONTGOMERY WATSON



**TABELA 10.14 - Demanda Com Projeto na Região a ser Suprida  
pela Infra-estrutura Planejada - Aç. Paula Pessoa**

Anos	Demanda Irrigação (m3/ano) G1	Usuários Humanos*		<b>TOTAL (m3/ano)</b>
		Demanda (m3/ano)		
		Paula Pessoa		
		G2	G3	
<b>0</b>	-	-	-	-
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
<b>5</b>	<b>24.500.000</b>	-	-	<b>24.500.000</b>
6	24.500.000	-	-	24.500.000
7	24.500.000	-	-	24.500.000
8	24.500.000	-	-	24.500.000
9	24.500.000	-	-	24.500.000
<b>10</b>	<b>24.500.000</b>	-	-	<b>24.500.000</b>
11	24.500.000	-	-	24.500.000
12	24.500.000	-	-	24.500.000
13	24.500.000	-	-	24.500.000
14	24.500.000	-	-	24.500.000
15	24.500.000	-	-	24.500.000
16	24.500.000	-	-	24.500.000
17	24.500.000	-	-	24.500.000
18	24.500.000	-	-	24.500.000
19	24.500.000	-	-	24.500.000
<b>20</b>	<b>24.500.000</b>	-	-	<b>24.500.000</b>
21	24.500.000	-	-	24.500.000
22	24.500.000	-	-	24.500.000
23	24.500.000	-	-	24.500.000
24	24.500.000	-	-	24.500.000
25	24.500.000	-	-	24.500.000
26	24.500.000	-	-	24.500.000
27	24.500.000	-	-	24.500.000
28	24.500.000	-	-	24.500.000
29	24.500.000	-	-	24.500.000
<b>30</b>	<b>24.500.000</b>	-	-	<b>24.500.000</b>

\* Usuários

Grupo 1 - Usuários de água bruta para irrigação

Grupo 2 - Usuários humanos em áreas difusas

Grupo 3 - Usuários urbanos residenciais (sedes municipais e distritais)





MONTGOMERY WATSON

**TABELA 10.15 - Demanda Total Com Projeto**

Anos	Demanda Irrigação (m3/ano) G1	Usuários Humanos*		TOTAL (m3/ano)
		Demanda (m3/ano)		
		Total		
		G2	G3	
<b>0</b>	<b>7.200.000</b>	<b>3.041.502</b>	<b>3.492.224</b>	<b>13.733.726</b>
1	7.200.000	3.092.250	3.548.377	13.840.627
2	7.200.000	3.143.173	3.604.751	13.947.924
3	7.200.000	3.194.276	3.661.352	14.055.627
4	7.200.000	3.245.561	3.718.182	14.163.743
<b>5</b>	<b>111.585.333</b>	<b>3.297.034</b>	<b>3.777.048</b>	<b>118.659.415</b>
6	150.748.000	3.194.318	4.018.139	157.960.457
7	210.456.000	3.091.781	4.260.723	217.808.504
8	210.456.000	2.989.420	4.504.874	217.950.294
9	210.456.000	2.887.231	4.750.670	218.093.901
<b>10</b>	<b>296.829.500</b>	<b>2.785.210</b>	<b>4.998.194</b>	<b>304.612.904</b>
11	311.709.500	2.930.977	5.219.575	319.860.052
12	372.982.667	3.077.023	5.442.466	381.502.156
13	372.982.667	3.223.354	5.666.928	381.872.949
14	406.249.000	3.369.979	5.893.026	415.512.005
15	406.249.000	3.516.904	6.120.827	415.886.731
16	506.048.000	3.664.138	6.350.399	516.062.538
17	506.048.000	3.811.689	6.581.816	516.441.506
18	506.048.000	3.959.566	6.815.153	516.822.719
19	506.048.000	4.107.776	7.050.488	517.206.264
<b>20</b>	<b>563.812.000</b>	<b>4.386.515</b>	<b>7.287.902</b>	<b>575.486.417</b>
21	563.812.000	4.472.400	7.338.128	575.622.528
22	563.812.000	4.558.685	7.388.454	575.759.139
23	563.812.000	4.645.378	7.438.882	575.896.260
24	563.812.000	4.732.490	7.489.412	576.033.903
25	563.812.000	4.820.032	7.540.045	576.172.077
26	563.812.000	4.908.014	7.590.782	576.310.796
27	563.812.000	4.996.446	7.641.624	576.450.071
28	563.812.000	5.085.341	7.692.572	576.589.913
29	563.812.000	5.174.710	7.743.627	576.730.336
<b>30</b>	<b>563.812.000</b>	<b>5.475.233</b>	<b>7.794.789</b>	<b>577.082.022</b>

\* Usuários

Grupo 1 - Usuários de água bruta para irrigação

Grupo 2 - Usuários humanos em áreas difusas

Grupo 3 - Usuários urbanos residenciais (sedes municipais e distritais)

### **10.2.3. Projeções de Oferta**

#### **10.2.3.1. Situação Sem Projeto**

A oferta hídrica da situação sem projeto foi estimada considerando-se as populações ligadas e não ligadas ao sistema de abastecimento. Para as populações ligadas a oferta é igual à demanda, adicionando-se as perdas físicas atuais, estimadas em 40%, mantidas constantes até o final do período de análise. Para os usuários irrigantes, admitiu-se uma oferta igual à demanda (Tabela 10.16).

#### **10.2.3.2. Situação Com Projeto**

Para a situação com projeto, a oferta foi calculada considerando-se a demanda com projeto, adicionando-se as perdas físicas do sistema estimadas em 30 %, atualmente. Com o projeto, admitir-se-á que com a realização de medidas de controle de manutenção do sistema ocorrerá uma redução das perdas até atingir o nível aceitável de 25% do volume aduzido, patamar considerável aceitável e recomendado para o PROÁGUA. Para os usuários irrigantes admitiu-se o percentual de 10% de perdas no transporte de água bruta (Tabela 10.17).

A tabela 10.18 apresenta a oferta incremental, obtida pela diferença entre as situações com e sem projeto.

### **10.2.4. Investimentos**

Os valores dos investimentos propostos para o projeto são apresentados separadamente por tipo de obra (barragem, adutora, hidrelétrica, canal, captação, distribuição, estradas de acesso, adução etc.) e desagregados em tubos e conexões, obras civis, equipamentos, desapropriações. Para efeito de determinação dos valores dos investimentos destacados na Tabela 10.19 considerou-se os preços de mercado do mês de Julho de 2000.

A Tabela 10.20 apresenta a desagregação dos investimentos financeiros do projeto em mão-de-obra (qualificada e não qualificada), materiais (nacionais e importados) e equipamentos (nacionais e importados) e, na Tabela 10.21, em valores econômicos.

### **10.2.5. Despesas Operacionais**

Os custos de operação e manutenção dos sistemas são geralmente divididos em duas categorias: custos fixos e custos variáveis, sendo que os primeiros correspondem àqueles que ocorrem mesmo que o sistema esteja paralisado, tais como despesas administrativas, gastos



MONTGOMERY WATSON



com segurança, aluguel, depreciação de edificação etc. Para os custos variáveis, que correspondem à custos proporcionais ao nível de produção dos sistemas, são expressos em R\$/m<sup>3</sup> de água produzida.

No cálculo dos custos de O&M das localidades que não contam com sistema formal de abastecimento, sugere-se utilizar o custo de obtenção da água pela população, de acordo com a tabela 10.22.



MONTGOMERY WATSON



TABELA 10.16 - Oferta Sem Projeto

Anos	Oferta Irrigação (m3/ano) G1	Usuários Humanos*		TOTAL (m3/ano)
		Oferta (m3/ano)		
		Total		
		G2	G3	
<b>0</b>	-	<b>971.126</b>	<b>838.922</b>	<b>1.810.048</b>
1	-	971.126	838.922	1.810.048
2	-	971.126	838.922	1.810.048
3	-	971.126	838.922	1.810.048
4	-	971.126	838.922	1.810.048
<b>5</b>	-	<b>971.128</b>	<b>838.922</b>	<b>1.810.050</b>
6	-	971.129	838.922	1.810.051
7	-	971.131	838.922	1.810.053
8	-	971.132	838.922	1.810.054
9	-	971.133	838.922	1.810.055
<b>10</b>	-	<b>971.135</b>	<b>838.922</b>	<b>1.810.057</b>
11	-	971.136	838.922	1.810.058
12	-	971.138	838.922	1.810.060
13	-	971.139	838.922	1.810.061
14	-	971.140	838.922	1.810.062
15	-	971.142	838.922	1.810.064
16	-	971.143	838.922	1.810.065
17	-	971.145	838.922	1.810.067
18	-	971.146	838.922	1.810.068
19	-	971.147	838.922	1.810.069
<b>20</b>	-	<b>971.149</b>	<b>838.922</b>	<b>1.810.071</b>
21	-	971.150	838.922	1.810.072
22	-	971.152	838.922	1.810.074
23	-	971.153	838.922	1.810.075
24	-	971.154	838.922	1.810.076
25	-	971.156	838.922	1.810.078
26	-	971.157	838.922	1.810.079
27	-	971.159	838.922	1.810.081
28	-	971.160	838.922	1.810.082
29	-	971.161	838.922	1.810.083
<b>30</b>	-	<b>971.163</b>	<b>838.922</b>	<b>1.810.085</b>

\* Usuários

Grupo 1 - Usuários de água bruta para irrigação

Grupo 2 - Usuários humanos em áreas difusas

Grupo 3 - Usuários urbanos residenciais (sedes municipais e distritais)



MONTGOMERY WATSON

**TABELA 10.17 - Oferta Total Com Projeto**

Anos	Oferta Irrigação (m3/ano) G1	Usuários Humanos*		TOTAL (m3/ano)
		Oferta (m3/ano)		
		Total		
		G2	G3	
<b>0</b>	<b>7.920.000</b>	<b>3.953.953</b>	<b>4.539.891</b>	<b>16.413.844</b>
1	7.920.000	4.019.925	4.612.890	16.552.815
2	7.920.000	4.086.125	4.686.177	16.692.302
3	7.920.000	4.088.673	4.686.530	16.695.203
4	7.920.000	4.154.318	4.759.273	16.833.591
<b>5</b>	<b>122.743.867</b>	<b>4.220.203</b>	<b>4.834.621</b>	<b>131.798.691</b>
6	165.822.800	4.024.841	5.062.855	174.910.495
7	231.501.600	3.895.644	5.368.511	240.765.755
8	231.501.600	3.766.669	5.676.141	240.944.410
9	231.501.600	3.637.911	5.985.844	241.125.355
<b>10</b>	<b>326.512.450</b>	<b>3.481.512</b>	<b>6.247.743</b>	<b>336.241.705</b>
11	342.880.450	3.663.722	6.524.469	353.068.640
12	410.280.933	3.846.279	6.803.083	420.930.294
13	410.280.933	4.029.193	7.083.660	421.393.787
14	446.873.900	4.212.473	7.366.283	458.452.656
15	446.873.900	4.396.130	7.651.034	458.921.064
16	556.652.800	4.580.173	7.937.999	569.170.972
17	556.652.800	4.764.612	8.227.270	569.644.682
18	556.652.800	4.949.457	8.518.941	570.121.198
19	556.652.800	5.134.720	8.813.110	570.600.629
<b>20</b>	<b>620.193.200</b>	<b>5.483.144</b>	<b>9.109.878</b>	<b>634.786.221</b>
21	620.193.200	5.590.500	9.172.660	634.956.360
22	620.193.200	5.698.356	9.235.568	635.127.124
23	620.193.200	5.806.723	9.298.603	635.298.525
24	620.193.200	5.915.613	9.361.765	635.470.578
25	620.193.200	6.025.040	9.425.057	635.643.297
26	620.193.200	6.135.017	9.488.478	635.816.695
27	620.193.200	6.245.558	9.552.030	635.990.789
28	620.193.200	6.356.677	9.615.715	636.165.592
29	620.193.200	6.468.387	9.679.533	636.341.120
<b>30</b>	<b>620.193.200</b>	<b>6.844.041</b>	<b>9.743.486</b>	<b>636.780.728</b>

\* Usuários

Grupo 1 - Usuários de água bruta para irrigação

Grupo 2 - Usuários humanos em áreas difusas

Grupo 3 - Usuários urbanos residenciais (sedes municipais e distritais)



MONTGOMERY WATSON



TABELA 10.18 - Oferta Incremental

Anos	Oferta Incremental Irrigação (m3/ano) G1	Usuários Humanos*		TOTAL (m3/ano)
		Oferta Incred. (m3/ano)		
		Total		
		G2	G3	
<b>0</b>	<b>7.920.000</b>	<b>2.982.826</b>	<b>3.700.969</b>	<b>14.603.795</b>
1	7.920.000	3.048.798	3.773.968	14.742.766
2	7.920.000	3.114.998	3.847.255	14.882.253
3	7.920.000	3.117.546	3.847.608	14.885.154
4	7.920.000	3.183.192	3.920.351	15.023.543
<b>5</b>	<b>122.743.867</b>	<b>3.249.075</b>	<b>3.995.699</b>	<b>129.988.641</b>
6	165.822.800	3.053.711	4.223.933	173.100.444
7	231.501.600	2.924.514	4.529.589	238.955.702
8	231.501.600	2.795.537	4.837.219	239.134.356
9	231.501.600	2.666.777	5.146.922	239.315.300
<b>10</b>	<b>326.512.450</b>	<b>2.510.377</b>	<b>5.408.821</b>	<b>334.431.648</b>
11	342.880.450	2.692.585	5.685.547	351.258.582
12	410.280.933	2.875.141	5.964.161	419.120.235
13	410.280.933	3.058.054	6.244.739	419.583.726
14	446.873.900	3.241.333	6.527.361	456.642.594
15	446.873.900	3.424.988	6.812.112	457.111.000
16	556.652.800	3.609.029	7.099.077	567.360.907
17	556.652.800	3.793.467	7.388.349	567.834.616
18	556.652.800	3.978.311	7.680.019	568.311.130
19	556.652.800	4.163.572	7.974.188	568.790.560
<b>20</b>	<b>620.193.200</b>	<b>4.511.995</b>	<b>8.270.956</b>	<b>632.976.150</b>
21	620.193.200	4.619.350	8.333.738	633.146.288
22	620.193.200	4.727.204	8.396.646	633.317.050
23	620.193.200	4.835.569	8.459.681	633.488.450
24	620.193.200	4.944.458	8.522.843	633.660.502
25	620.193.200	5.053.884	8.586.135	633.833.219
26	620.193.200	5.163.860	8.649.556	634.006.616
27	620.193.200	5.274.399	8.713.109	634.180.708
28	620.193.200	5.385.516	8.776.793	634.355.510
29	620.193.200	5.497.225	8.840.611	634.531.037
<b>30</b>	<b>620.193.200</b>	<b>5.872.879</b>	<b>8.904.564</b>	<b>634.970.643</b>

\* Usuários

Grupo 1 - Usuários de água bruta para irrigação

Grupo 2 - Usuários humanos em áreas difusas

Grupo 3 - Usuários urbanos residenciais (sedes municipais e distritais)



MONTGOMERY WATSON



TABELA 10.19 - INVESTIMENTOS FINANCEIROS DO PROJETO

(R\$ de Julho de 2.000)

ITEM	ESTRUTURAS & CUSTOS	OBRAS CIVIS	TUBOS E CONEXÕES	EQUIP. HIDROMECC.	EQUIP. ELÉT.	DESAPROPRI- AÇÕES	TOTAL
1	Açude Paula Pessoa	6.448.940	-	-	-	-	6.448.940
2	Açude Frecheirinha	19.555.040	-	-	-	-	19.555.040
3	Aduutora Jaburu I	1.240.848	8.058.136	-	-	-	9.298.984
4	Sistema de Adução e Distribuição do Aç. P. Pessoa p/ Mancha de Gr	11.719.286	282.214	-	-	-	12.001.500
5	Sistema de Adução e Distribuição do Aç. Frecheirinha p/ Mancha de	7.634.278	183.842	-	-	-	7.818.120
6	Sistema de Distribuição de Água Potável - S. Norte	-	472.437	-	-	-	472.437
7	Medidas de Proteção Ambiental - S. Norte	2.250.519	-	-	-	1.846.250	4.096.769
8	Açude Inhuçu	41.496.960	-	-	-	-	41.496.960
9	Açude Lontras	16.691.920	-	-	-	-	16.691.920
10	Hidrelétrica, incluindo túnel de 18 km	32.426.146	4.350.481	5.460.541	2.502.823	-	44.739.991
11	Aduutora Ararendá/Ipaorangá/Nova Russas	3.102.749	20.149.430	-	-	-	23.252.179
12	Açude Taquara	23.000.000	-	-	-	-	23.000.000
13	Sistema de Distribuição de Água Potável - S. Centro	-	4.755.077	-	-	-	4.755.077
14	Medidas de Proteção Ambiental - S. Centro	5.693.012	-	-	-	2.659.150	8.352.162
15	Açude Fronteiras	28.066.272	-	-	-	-	28.066.272
16	Captação do Canal Poti Sul	21.345.711	10.642.115	8.747.170	19.742.515	-	60.477.511
17	Estação de Bombeamento EB - 3	129.728	821.099	948.134	2.264.217	-	4.163.178
18	Canal Poti Sul	19.755.510	12.232.316	34.037.991	12.926.448	-	78.952.265
19	Sistema de Distribuição de Água Potável - S. Sul	-	248.555	-	-	-	248.555
20	Medidas de Proteção Ambiental - S. Sul	6.499.366	-	-	-	4.370.000	10.869.366
21	Estradas de acesso	3.000.000	-	-	-	-	3.000.000
<b>TOTAL</b>		<b>250.056.284</b>	<b>62.195.703</b>	<b>49.193.836</b>	<b>37.436.003</b>	<b>8.875.400</b>	<b>407.757.227</b>



TABELA 10.20 - DESAGREGAÇÃO DOS INVESTIMENTOS FINANCEIROS DO PROJETO

(R\$ de Julho de 2.000)

ITEM	ESTRUTURAS & CUSTOS	MÃO-DE-OBRA		MATERIAIS		EQUIPAMENTOS		DESAPROPRI- AÇÕES	TOTAL
		QUALIFICADA	NÃO QUALIFICADA	NACIONAIS	IMPORTADOS	NACIONAIS	IMPORTADOS		
1	Açude Paula Pessoa	580.405	1.354.277	3.274.822	-	1.239.436	-	-	6.448.940
2	Açude Frecheirinha	1.759.954	4.106.558	9.930.202	-	3.758.326	-	-	19.555.040
3	Adução Jaburu I	35.713	314.430	136.641	-	8.812.199	-	-	9.298.984
4	Sistema de Adução e Distribuição do Aç. P. Pessoa p/ Mancha de Gr:	683.876	2.408.432	3.270.711	-	5.638.481	-	-	12.001.500
5	Sistema de Adução e Distribuição do Aç. Frecheirinha p/ Mancha de F	445.496	1.568.922	2.130.634	-	3.673.068	-	-	7.818.120
6	Sistema de Distribuição de Água Potável - S. Norte	48.748	55.369	344.248	-	24.072	-	-	472.437
7	Medidas de Proteção Ambiental - S. Norte	614.515	1.433.869	202.135	-	-	-	1.846.250	4.096.769
8	Açude Inhuçu	3.734.726	8.714.362	21.072.480	-	7.975.392	-	-	41.496.960
9	Açude Lontras	1.502.273	3.505.303	8.476.287	-	3.208.057	-	-	16.691.920
10	Hidrelétrica, incluindo túnel de 18 km	2.652.113	9.340.050	5.073.607	-	27.674.221	-	-	44.739.991
11	Adução Ararendá/Ipaorangá/Nova Russas	89.301	786.236	341.673	-	22.034.970	-	-	23.252.179
12	Açude Taquara	2.070.000	4.830.000	11.679.580	-	4.420.420	-	-	23.000.000
13	Sistema de Distribuição de Água Potável - S. Centro	490.652	557.284	3.464.851	-	242.289	-	-	4.755.077
14	Medidas de Proteção Ambiental - S. Centro	1.252.824	614.515	202.135	-	-	-	2.659.150	8.352.162
15	Açude Fronteiras	2.525.964	5.893.917	14.252.272	-	5.394.118	-	-	28.066.272
16	Captação do Canal Poti Sul	1.921.114	4.482.599	25.584.113	-	28.489.685	-	-	60.477.511
17	Estação de Bombeamento EB - 3	56.915	300.659	544.403	-	3.261.202	-	-	4.163.178
18	Canal Poti Sul	4.680.160	16.482.303	8.953.350	-	48.836.453	-	-	78.952.265
19	Sistema de Distribuição de Água Potável - S. Sul	25.647	29.130	181.113	-	12.665	-	-	248.555
20	Medidas de Proteção Ambiental - S. Sul	1.630.405	614.515	3.238.556	-	-	-	4.370.000	10.869.366
21	Estradas de acesso	480.000	720.000	1.800.000	-	-	-	-	3.000.000
<b>TOTAL</b>		<b>27.280.802</b>	<b>70.830.221</b>	<b>127.439.041</b>	<b>-</b>	<b>174.695.054</b>	<b>-</b>	<b>8.875.400</b>	<b>407.757.227</b>

FATORES DE CONVERSÃO	0,81	0,46	0,88	0,88	0,80	0,80	0,94
----------------------	------	------	------	------	------	------	------

TABELA 10.21 - INVESTIMENTOS ECONÔMICOS DO PROJETO

ITEM	ESTRUTURAS & CUSTOS	MÃO-DE-OBRA		MATERIAIS		EQUIPAMENTOS		DESAPROPRI- AÇÕES	TOTAL
		QUALIFICADA	NÃO QUALIFICADA	NACIONAIS	IMPORTADOS	NACIONAIS	IMPORTADOS		
1	Açude Paula Pessoa	470.128	622.968	2.881.843	-	991.549	-	-	4.966.487
2	Açude Frecheirinha	1.425.562	1.889.017	8.738.578	-	3.006.661	-	-	15.059.818
3	Adução Jaburu I	28.928	144.638	120.244	-	7.049.759	-	-	7.343.569
4	Sistema de Adução e Distribuição do Aç. P. Pessoa p/ Mancha de Gr:	553.939	1.107.879	2.878.225	-	4.510.785	-	-	9.050.829
5	Sistema de Adução e Distribuição do Aç. Frecheirinha p/ Mancha de F	360.852	721.704	1.874.958	-	2.938.454	-	-	5.895.968
6	Sistema de Distribuição de Água Potável - S. Norte	39.486	25.470	302.938	-	19.258	-	-	387.152
7	Medidas de Proteção Ambiental - S. Norte	497.757	659.580	177.878	-	-	-	1.735.475	3.070.691
8	Açude Inhuçu	3.025.128	4.008.606	18.543.783	-	6.380.313	-	-	31.957.831
9	Açude Lontras	1.216.841	1.612.439	7.459.133	-	2.566.445	-	-	12.854.859
10	Hidrelétrica, incluindo túnel de 18 km	2.148.211	4.296.423	4.464.774	-	22.139.377	-	-	33.048.786
11	Adução Ararendá/Ipaorangá/Nova Russas	72.334	361.668	300.672	-	17.627.976	-	-	18.362.650
12	Açude Taquara	1.676.700	2.221.800	10.278.030	-	3.536.336	-	-	17.712.866
13	Sistema de Distribuição de Água Potável - S. Centro	397.428	256.351	3.049.069	-	193.831	-	-	3.896.679
14	Medidas de Proteção Ambiental - S. Centro	1.014.788	806.819	2.804.880	-	-	-	2.499.601	6.720.172
15	Açude Fronteiras	2.046.031	2.711.202	12.541.999	-	4.315.295	-	-	21.614.527
16	Captação do Canal Poti Sul	1.556.102	2.061.996	22.514.019	-	22.791.748	-	-	48.923.865
17	Estação de Bombeamento EB - 3	46.101	138.303	479.075	-	2.608.961	-	-	3.272.440
18	Canal Poti Sul	3.790.930	7.581.859	7.878.948	-	39.069.162	-	-	58.320.899
19	Sistema de Distribuição de Água Potável - S. Sul	20.774	13.400	159.380	-	10.132	-	-	203.685
20	Medidas de Proteção Ambiental - S. Sul	1.320.628	1.049.981	2.849.929	-	-	-	4.107.800	8.800.087
21	Estradas de acesso	388.800	331.200	1.584.000	-	-	-	-	2.304.000
<b>TOTAL</b>		<b>22.097.450</b>	<b>32.581.902</b>	<b>112.146.356</b>	<b>-</b>	<b>139.756.043</b>	<b>-</b>	<b>8.342.876</b>	<b>313.820.360</b>



**Tabela 10.22 - Custos de Fontes Alternativas de Água no Nordeste Brasileiro**

<b>Tipo de Fonte</b>	<b>Preço (R\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Consumo médio (m<sup>3</sup>/mês/família)</b>
Ligado à Rede Pública	0.58	17.72
Carro Pipa	0.74	4.82
Poço com Bomba	0.90	14.31
Busca de Água	4.38	4.52
Compra de Água	7.25	3.72
<b>Total</b>	<b>13.85</b>	<b>45.09</b>
<b>Média</b>	<b>2.77</b>	<b>9.018</b>
<b>Média Ponderada</b>	<b>2.07</b>	<b>12.56</b>

FONTE: Banco do Nordeste - Execução de Serviços Técnicos sobre a Demanda de Água no Nordeste - Agosto de 1997. Realização PBLM - Consultoria Empresarial.

Sendo definido o consumo per capita dessa população, o custo de O&M deve ser igual a:  
 Custo de O&M = População  $\times$  Consumo *per capita*  $\times$  custo da água.

Assim, para a situação sem projeto o custo de O&M foi obtido multiplicando-se o consumo da população de cada ano pela média ponderada do custo alternativo da água, estimado em R\$ 2,07/m<sup>3</sup>.

Os custos de O&M da situação com projeto foram calculados considerando-se a demanda com projeto, os custos médios estimados para a situação sem projeto e dados de projetos semelhantes.

A projeção dos custos de operação e manutenção para a situação com projeto se baseia nas estimativas dos custos fixos e variáveis, considerando para estes últimos o volume de água produzido e os custos unitários (R\$/m<sup>3</sup>).

A Tabela 10.23 e 10.24 demonstram os valores dos custos de O&M, respectivamente, para as situações sem e com projeto.

A Tabela 10.25 apresenta os valores econômicos dos custos de O&M para a situação com projeto.



**TABELA 10.23 - CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA SITUAÇÃO SEM PROJETO (R\$ de Julho de 2000)**

Discriminação	Custo Unit.	Anos															
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>CUSTOS FIXOS</b>	<b>0,2996</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>
. Pessoal	0,2833	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226
. Energia	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
. Produtos Químicos	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
. Outros	0,0164	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169
<b>CUSTOS VARIÁVEIS</b>	<b>0,0539</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>
. Pessoal	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
. Energia	0,0501	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778
. Produtos Químicos	0,0038	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851
. Outros	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>		<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>

**TABELA 10.23 - CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA SITUAÇÃO SEM PROJETO (R\$ de Julho de 2000) (Continuação)**

Discriminação	Custo Unit. (R\$/m <sup>3</sup> )	Anos															
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
<b>CUSTOS FIXOS</b>	<b>0,2996</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>	<b>387.395</b>
. Pessoal	0,2833	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226	366.226
. Energia	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
. Produtos Químicos	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
. Outros	0,0164	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169	21.169
<b>CUSTOS VARIÁVEIS</b>	<b>0,0539</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>	<b>69.629</b>
. Pessoal	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
. Energia	0,0501	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778	64.778
. Produtos Químicos	0,0038	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851	4.851
. Outros	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>		<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>	<b>457.025</b>



TABELA 10.24 - CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA SITUAÇÃO COM PROJETO (R\$ de Julho de 2000)

Discriminação	Custo Unit. (R\$/m3)	Anos															
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>CUSTOS FIXOS</b>	<b>0,0909</b>	<b>59.940</b>	<b>119.881</b>	<b>359.642</b>	<b>479.522</b>	<b>959.045</b>	<b>1.138.866</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>
. Pessoal	0,0900	59.329	118.657	355.972	474.629	949.259	1.127.245	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574
. Energia	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
. Produtos Químicos	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
. Outros	0,0009	612	1.223	3.670	4.893	9.786	11.621	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233
<b>CUSTOS VARIÁVEIS</b>	<b>0,0912</b>	<b>60.165</b>	<b>120.331</b>	<b>360.992</b>	<b>481.323</b>	<b>962.645</b>	<b>1.143.141</b>	<b>1.203.306</b>	<b>1.203.306</b>	<b>1.203.306</b>	<b>1.203.306</b>	<b>1.203.306</b>	<b>1.203.306</b>	<b>1.203.306</b>	<b>1.203.306</b>	<b>1.203.306</b>	<b>1.203.306</b>
. Pessoal	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
. Energia	0,0905	59.656	119.311	357.934	477.245	954.490	1.133.457	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113
. Produtos Químicos	0,0008	510	1.019	3.058	4.078	8.155	9.684	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194
. Outros	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>0,1821</b>	<b>120.106</b>	<b>240.211</b>	<b>720.634</b>	<b>960.845</b>	<b>1.921.690</b>	<b>2.282.007</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>

TABELA 10.24 - CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA SITUAÇÃO COM PROJETO (R\$ de Julho de 2000) (Continuação)

Discriminação	Custo Unit. (R\$/m3)	Anos															
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
<b>CUSTOS FIXOS</b>	<b>0,0909</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>	<b>1.198.806</b>
. Pessoal	0,0900	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574
. Energia	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
. Produtos Químicos	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
. Outros	0,0009	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233
<b>CUSTOS VARIÁVEIS</b>	<b>0,0912</b>	<b>1.203.307</b>	<b>1.203.307</b>	<b>1.203.307</b>	<b>1.203.307</b>	<b>1.203.307</b>	<b>1.203.307</b>	<b>1.203.307</b>	<b>1.203.307</b>	<b>1.203.307</b>	<b>1.203.307</b>	<b>1.203.307</b>	<b>1.203.307</b>	<b>1.203.307</b>	<b>1.203.307</b>	<b>1.203.307</b>	<b>1.203.307</b>
. Pessoal	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
. Energia	0,0905	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113
. Produtos Químicos	0,0008	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194
. Outros	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>0,1821</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>



**TABELA 10.25 - CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA SITUAÇÃO COM PROJETO (R\$ de Julho de 2000) - VALORES ECONÔMICOS**

Discriminação	Custo Unit. (R\$/m3)	Anos															
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>CUSTOS FIXOS</b>	<b>0,0737</b>	<b>38.249</b>	<b>76.497</b>	<b>229.492</b>	<b>305.989</b>	<b>611.978</b>	<b>726.724</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>
. Pessoal	0,0729	37.674	75.347	226.042	301.390	602.779	715.800	753.474	753.474	753.474	753.474	753.474	753.474	753.474	753.474	753.474	753.474
. Energia	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
. Produtos Químicos	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
. Outros	0,0009	575	1.150	3.450	4.600	9.199	10.924	11.499	11.499	11.499	11.499	11.499	11.499	11.499	11.499	11.499	11.499
<b>CUSTOS VARIÁVEIS</b>	<b>0,0884</b>	<b>58.289</b>	<b>116.578</b>	<b>349.734</b>	<b>466.312</b>	<b>932.624</b>	<b>1.107.491</b>	<b>1.165.780</b>	<b>1.165.780</b>	<b>1.165.780</b>	<b>1.165.780</b>	<b>1.165.780</b>	<b>1.165.780</b>	<b>1.165.780</b>	<b>1.165.780</b>	<b>1.165.780</b>	<b>1.165.780</b>
. Pessoal	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
. Energia	0,0877	57.866	115.732	347.196	462.928	925.855	1.099.453	1.157.319	1.157.319	1.157.319	1.157.319	1.157.319	1.157.319	1.157.319	1.157.319	1.157.319	1.157.319
. Produtos Químicos	0,0006	423	846	2.538	3.384	6.769	8.038	8.461	8.461	8.461	8.461	8.461	8.461	8.461	8.461	8.461	8.461
. Outros	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>0,1621</b>	<b>96.538</b>	<b>193.075</b>	<b>579.226</b>	<b>772.301</b>	<b>1.544.602</b>	<b>1.834.215</b>	<b>1.930.753</b>	<b>1.930.753</b>	<b>1.930.753</b>	<b>1.930.753</b>	<b>1.930.753</b>	<b>1.930.753</b>	<b>1.930.753</b>	<b>1.930.753</b>	<b>1.930.753</b>	<b>1.930.753</b>

**TABELA 10.25 - CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA SITUAÇÃO COM PROJETO (R\$ de Julho de 2000) - VALORES ECONÔMICOS (Continuação)**

Discriminação	Custo Unit. (R\$/m3)	Anos															
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
<b>CUSTOS FIXOS</b>	<b>0,0737</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>	<b>764.973</b>
. Pessoal	0,0729	753.474	753.474	753.474	753.474	753.474	753.474	753.474	753.474	753.474	753.474	753.474	753.474	753.474	753.474	753.474	753.474
. Energia	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
. Produtos Químicos	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
. Outros	0,0009	11.499	11.499	11.499	11.499	11.499	11.499	11.499	11.499	11.499	11.499	11.499	11.499	11.499	11.499	11.499	11.499
<b>CUSTOS VARIÁVEIS</b>	<b>0,0884</b>	<b>1.165.781</b>	<b>1.165.781</b>	<b>1.165.781</b>	<b>1.165.781</b>	<b>1.165.781</b>	<b>1.165.781</b>	<b>1.165.781</b>	<b>1.165.781</b>	<b>1.165.781</b>	<b>1.165.781</b>	<b>1.165.781</b>	<b>1.165.781</b>	<b>1.165.781</b>	<b>1.165.781</b>	<b>1.165.781</b>	<b>1.165.781</b>
. Pessoal	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
. Energia	0,0877	1.157.320	1.157.320	1.157.320	1.157.320	1.157.320	1.157.320	1.157.320	1.157.320	1.157.320	1.157.320	1.157.320	1.157.320	1.157.320	1.157.320	1.157.320	1.157.320
. Produtos Químicos	0,0006	8.461	8.461	8.461	8.461	8.461	8.461	8.461	8.461	8.461	8.461	8.461	8.461	8.461	8.461	8.461	8.461
. Outros	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>0,1621</b>	<b>1.930.754</b>	<b>1.930.754</b>	<b>1.930.754</b>	<b>1.930.754</b>	<b>1.930.754</b>	<b>1.930.754</b>	<b>1.930.754</b>	<b>1.930.754</b>	<b>1.930.754</b>	<b>1.930.754</b>	<b>1.930.754</b>	<b>1.930.754</b>	<b>1.930.754</b>	<b>1.930.754</b>	<b>1.930.754</b>	<b>1.930.754</b>

### **10.2.6. Tarifas Médias**

Para os usuários das áreas urbanas, isto é, sedes municipais e distritais, considerou-se os valores da estrutura tarifária da CAGECE, válidos desde setembro de 1999, obtendo uma tarifa média de R\$ 1,06/m<sup>3</sup>.

Para as populações difusas, identificadas como aquelas situadas nas zonas rurais, pequenas localidades e ao longo das infra-estruturas (eixos, canais etc.), considerou-se a tarifa residencial mínima de R\$ 0,68/m<sup>3</sup>, praticada pela CAGECE para os usuários que consomem até 20 m<sup>3</sup>, levando-se em conta o perfil da renda familiar na região da Ibiapaba.

Para a demanda de irrigação, utilizou-se a mesma tarifa proposta nos estudos de viabilidade econômico-financeira do eixo de integração Jaguaribe – Icapuí<sup>9</sup>, que corresponde a R\$ 0,04/m<sup>3</sup>.

### **10.2.7. Receitas**

#### **10.2.7.1. Situação Sem Projeto**

Para a situação sem projeto o cálculo das receitas é obtido multiplicando-se a demanda anual sem projeto da população ligada à rede pela tarifa média atualmente praticada, sendo descontado um percentual de 10% referente às perdas financeiras, mantendo-se constante para todo o horizonte de análise do projeto (Tabela 10.26)

#### **10.2.7.2. Situação Com Projeto**

As receitas para a situação com projeto foram estimadas multiplicando-se os valores das demandas anuais de água, conforme os diversos usuários, pela tarifa média de R\$ 0,76/m<sup>3</sup>, descontando ainda as perdas financeiras resultantes das inadimplências, estimadas em 10%, sendo reduzidas de forma gradual até atingir o percentual de 3% ao ano, conforme o PROÁGUA (Tabela 10.27).

---

<sup>9</sup> SRH/PROURB/PROGERIRH, Eixo de Integração Jaguaribe – Icapuí, *Parte IV – Detalhamento do Projeto, Tomo 2 – Meio Ambiente e Sócio-Economia, Volume 6 – Estudos de Viabilidade Econômico-Financeira*, JAAKKO PÖYRY/Aguasolos, Fortaleza, Outubro/99.



MONTGOMERY WATSON



**TABELA 10.26 - PROJEÇÃO DAS RECEITAS ANUAIS NA SITUAÇÃO SEM PROJETO, em R\$ de Julho de 2000**

Anos	Receita Irrigação (R\$/ano) G1	Usuários Humanos*		TOTAL (R\$/ano)
		Receita (R\$/ano)		
		Total		
		G2	G3	
<b>0</b>	-	<b>284.054</b>	<b>414.427</b>	<b>698.482</b>
1	-	284.054	414.427	698.482
2	-	284.054	414.427	698.482
3	-	284.054	414.427	698.482
4	-	284.054	414.427	698.482
<b>5</b>	-	<b>284.055</b>	<b>414.427</b>	<b>698.482</b>
6	-	284.055	414.427	698.483
7	-	284.056	414.427	698.483
8	-	284.056	414.427	698.484
9	-	284.057	414.427	698.484
<b>10</b>	-	<b>284.057</b>	<b>414.427</b>	<b>698.484</b>
11	-	284.057	414.427	698.485
12	-	284.058	414.427	698.485
13	-	284.058	414.427	698.486
14	-	284.059	414.427	698.486
15	-	284.059	414.427	698.486
16	-	284.059	414.427	698.487
17	-	284.060	414.427	698.487
18	-	284.060	414.427	698.488
19	-	284.061	414.427	698.488
<b>20</b>	-	<b>284.061</b>	<b>414.427</b>	<b>698.488</b>
21	-	284.061	414.427	698.489
22	-	284.062	414.427	698.489
23	-	284.062	414.427	698.490
24	-	284.063	414.427	698.490
25	-	284.063	414.427	698.491
26	-	284.064	414.427	698.491
27	-	284.064	414.427	698.491
28	-	284.064	414.427	698.492
29	-	284.065	414.427	698.492
<b>30</b>	-	<b>284.065</b>	<b>414.427</b>	<b>698.493</b>

\* Usuários

Grupo 1 - Usuários de água bruta para irrigação

Grupo 2 - Usuários humanos em áreas difusas

Grupo 3 - Usuários urbanos residenciais (sedes municipais e distritais)

\*\* Tarifas Médias:

Tarifa média (Irrigação) R\$/m<sup>3</sup> 0,04

Tarifa média (Área Difusa) R\$/m<sup>3</sup> 0,68

Tarifa média (Urbana) R\$/m<sup>3</sup> 1,06



MONTGOMERY WATSON



**TABELA 10.27 - PROJEÇÃO DAS RECEITAS ANUAIS NA SITUAÇÃO COM PROJETO, em R\$ de Julho de 2000**

Anos	Receita Irrigação (R\$/ano) G1	Usuários Humanos*		TOTAL (R\$/ano)
		Receita (R\$/ano)		
		Total		
		G2	G3	
<b>0</b>	<b>262.080</b>	<b>1.882.081</b>	<b>3.368.599</b>	<b>5.512.761</b>
1	262.080	1.913.484	3.422.764	5.598.329
2	264.960	1.966.369	3.515.354	5.746.683
3	267.840	2.020.060	3.609.360	5.897.260
4	270.720	2.074.563	3.704.797	6.050.079
<b>5</b>	<b>4.240.243</b>	<b>2.129.884</b>	<b>3.803.487</b>	<b>10.173.613</b>
6	5.788.723	2.085.251	4.088.858	11.962.832
7	8.165.693	2.039.339	4.380.875	14.585.907
8	8.165.693	1.971.821	4.631.911	14.769.425
9	8.165.693	1.904.417	4.884.639	14.954.749
<b>10</b>	<b>11.516.985</b>	<b>1.837.124</b>	<b>5.139.143</b>	<b>18.493.252</b>
11	12.094.329	1.933.273	5.366.767	19.394.368
12	14.471.727	2.029.604	5.595.944	22.097.275
13	14.471.727	2.126.124	5.826.736	22.424.588
14	15.762.461	2.222.838	6.059.210	24.044.509
15	15.762.461	2.319.750	6.293.434	24.375.645
16	19.634.662	2.416.866	6.529.481	28.581.009
17	19.634.662	2.514.190	6.767.424	28.916.276
18	19.634.662	2.611.730	7.007.340	29.253.732
19	19.634.662	2.709.489	7.249.311	29.593.463
<b>20</b>	<b>21.875.906</b>	<b>2.893.345</b>	<b>7.493.421</b>	<b>32.262.672</b>
21	21.875.906	2.949.995	7.545.063	32.370.964
22	21.875.906	3.006.908	7.596.809	32.479.623
23	21.875.906	3.064.091	7.648.659	32.588.656
24	21.875.906	3.121.551	7.700.614	32.698.070
25	21.875.906	3.179.293	7.752.675	32.807.873
26	21.875.906	3.237.326	7.804.842	32.918.074
27	21.875.906	3.295.656	7.857.118	33.028.680
28	21.875.906	3.354.291	7.909.503	33.139.699
29	21.875.906	3.413.238	7.961.997	33.251.141
<b>30</b>	<b>21.875.906</b>	<b>3.611.464</b>	<b>8.014.602</b>	<b>33.501.971</b>

\* Usuários

Grupo 1 - Usuários de água bruta para irrigação

Grupo 2 - Usuários humanos em áreas difusas

Grupo 3 - Usuários urbanos residenciais (sedes municipais e distritais)

\*\* Tarifas Médias:

Tarifa média (Irrigação) R\$/m<sup>3</sup> 0,04

Tarifa média (Área Difusa) R\$/m<sup>3</sup> 0,68

Tarifa média (Urbana) R\$/m<sup>3</sup> 1,06

### **10.2.8. Fluxos de Receitas, Custos e Resultados da Avaliação Financeira**

A Tabela 10.28 apresenta os fluxos financeiros do projeto, constando dos valores relativos às receitas, aos investimentos, aos custos operacionais e aos benefícios líquidos incrementais, resultantes das situações com e sem projeto.

A Tabela 10.28 resume os resultados da avaliação financeira, na qual percebe-se uma taxa interna de retorno inferior a 1%. A TIR financeira obtida pelo projeto está dentro dos limites aceitáveis, pois de acordo com o manual do PROÁGUA/Semi-árido (Item 3.5.1.13), são considerados como viáveis financeiramente os projetos que apresentarem TIRF superior a - 5%. O resultado da análise financeira é perfeitamente normal, pois a estrutura tarifária atual, principalmente para o grupo dos irrigantes, é bastante subsidiada. A referida tabela demonstra que seria necessário cobrar uma tarifa de R\$ 0,207/m<sup>3</sup> somente para este grupo de usuários para que a taxa interna de retorno fosse igual a 12%. Sem a cobrança deste nível tarifário, o volume de subsídio líquido é de R\$ 231.327.136,70, o que representa um subsídio por hectare de R\$ 7.857,00, valor este considerado aceitável quando comparado com outros projetos semelhantes. Finalmente, dividindo o montante de subsídio líquido pelo total da população alvo no ano 2000, obtém-se o valor do subsídio por habitante de R\$ 173,21, ou seja, US\$ 96,23, valor este bem abaixo do limite considerado no Manual do PROÁGUA/Semi-árido (Item 3.5.1.13), que é de US\$ 200,00/habitante.

### **10.2.9. Custo Marginal de Longo Prazo**

A avaliação das tarifas foi feita com base na metodologia dos custos médios incrementais de longo prazo (CMILP) do projeto de água, tendo em vista o aspecto social dos serviços e a situação de baixa renda da população do projeto.

O custo médio incremental de longo prazo se define como sendo:

CMILP = Soma do Valor Presente dos Custos (Investimento. + Oper. e Manut.) / Soma do Valor Presente do Consumo Incremental.

Os dados de custo de investimento e de operação e manutenção, e os dados de volumes consumidos incrementais, do projeto, para o período de 30 anos, constantes na Tabela 10.29, descontados a taxa de 12% a.a., são discriminados na tabela a seguir:





MONTGOMERY WATSON



<b>Discriminação</b>	<b>Unid.</b>	<b>Valores</b>
1. Valor Presente dos Custos	R\$ 1,00m <sup>3</sup>	344.178.083
2. Valor Presente dos Consumos Incrementais	R\$ 1,00/m <sup>3</sup>	1.259.011.602
3. Custo Marginal (1/2)		0,2734



**TABELA 10.28 - FLUXOS FINANCEIROS DE CAIXA DO PROJETO DO EIXO DE INTEGRAÇÃO IBIAPABA (Valores em Reais de Julho de 2000)**

Discriminação	Valor Presente (*)	Valor Presente (**)															
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>CUSTOS SEM PROJETO</b>	10.219.960	-	-	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827
<b>CUSTOS COM PROJETO</b>	339.608.373	81.551.445	69.318.729	57.446.792	61.885.144	63.549.527	60.026.748	60.026.748	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	
. Investimentos	276.494.590	81.551.445	69.318.729	53.008.439	53.008.439	53.008.439	48.930.867	48.930.867	-	-	-	-	-	-	-	-	
. Custos de O&M + Energia	63.113.784	-	-	4.438.352	8.876.705	10.541.087	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	
<b>RECEITAS SEM PROJETO</b>	4.379.887	-	-	698.482	698.482	698.482	698.482	698.482	698.482	698.482	698.482	698.482	698.482	698.482	698.482	698.482	
<b>RECEITAS COM PROJETO</b>	100.289.778	-	-	5.746.683	5.897.260	6.050.079	10.173.613	11.962.832	14.585.907	14.769.425	14.954.749	18.493.252	19.394.368	22.097.275	22.424.588	24.044.509	
. Irrigação	55.464.614	-	-	264.960	267.840	270.720	4.240.243	4.240.243	5.788.723	8.165.693	8.165.693	8.165.693	11.516.985	12.094.329	14.471.727	14.471.727	
. Áreas Difusas	13.862.690	-	-	1.966.369	2.020.060	2.074.563	2.129.884	2.085.251	2.039.339	1.971.821	1.904.417	1.837.124	1.933.273	2.029.604	2.126.124	2.222.838	
. Áreas Urbanas	30.962.475	-	-	3.515.354	3.609.360	3.704.797	3.803.487	4.088.858	4.380.875	4.631.911	4.884.639	5.139.143	5.366.767	5.595.944	5.826.736	6.059.210	
<b>CUSTO INCREMENTAL</b>	329.388.413	81.551.445	69.318.729	55.816.965	60.255.317	61.919.700	58.396.921	58.396.921	9.466.054	9.466.054	9.466.054	9.466.054	9.466.054	9.466.054	9.466.054	9.466.054	
<b>RECEITA INCREMENTAL</b>	95.909.891	-	-	5.048.201	5.198.778	5.351.598	9.475.131	11.264.350	13.887.425	14.070.943	14.256.267	17.794.770	18.695.886	21.398.793	21.728.106	23.346.027	
<b>FLUXO DE CAIXA INCREME</b>	<b>(233.478.521,8)</b>	<b>(81.551.445,3)</b>	<b>(69.318.728,5)</b>	<b>(50.768.764,4)</b>	<b>(55.056.539,1)</b>	<b>(56.568.102,1)</b>	<b>(48.921.789,9)</b>	<b>(47.132.571,3)</b>	4.421.371	4.604.889	4.790.213	8.328.716	9.229.832	11.932.739	12.260.052	13.879.973	

(\*) Taxa de desconto de 12% a.a.

**TABELA 10.28 - FLUXOS FINANCEIROS DE CAIXA DO PROJETO DO EIXO DE INTEGRAÇÃO IBIAPABA (Valores em Reais de Julho de 2000) (Continuação)**

Discriminação	Valor Presente (*)	Anos															
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
<b>CUSTOS SEM PROJETO</b>	10.219.960	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827	1.629.827
<b>CUSTOS COM PROJETO</b>	339.608.373	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881
. Investimentos	276.494.590	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
. Custos de O&M	63.113.784	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881
<b>RECEITAS SEM PROJETO</b>	4.379.887	698.482	698.482	698.482	698.482	698.482	698.482	698.482	698.482	698.482	698.482	698.482	698.482	698.482	698.482	698.482	698.482
<b>RECEITAS COM PROJETO</b>	100.289.778	28.581.009	28.916.276	29.253.732	29.593.463	32.262.672	32.370.964	32.479.623	32.588.656	32.698.070	32.807.873	32.918.074	33.028.680	33.139.699	33.251.141	33.501.971	33.501.971
. Irrigação	55.464.614	19.634.662	19.634.662	19.634.662	19.634.662	21.875.906	21.875.906	21.875.906	21.875.906	21.875.906	21.875.906	21.875.906	21.875.906	21.875.906	21.875.906	21.875.906	21.875.906
. Áreas Difusas	13.862.690	2.416.866	2.514.190	2.611.730	2.709.489	2.893.345	2.949.995	3.006.908	3.064.091	3.121.551	3.179.293	3.237.326	3.295.656	3.354.291	3.413.238	3.611.464	3.611.464
. Áreas Urbanas	30.962.475	6.529.481	6.767.424	7.007.340	7.249.311	7.493.421	7.545.063	7.596.659	7.648.659	7.700.614	7.752.675	7.804.842	7.857.118	7.909.503	7.961.997	8.014.602	8.014.602
<b>CUSTO INCREMENTAL</b>	329.388.413	9.466.054	9.466.054	9.466.054	9.466.054	9.466.054	9.466.054	9.466.054	9.466.054	9.466.054	9.466.054	9.466.054	9.466.054	9.466.054	9.466.054	9.466.054	9.466.054
<b>RECEITA INCREMENTAL</b>	95.909.891	27.882.527	28.217.794	28.555.250	28.894.981	31.564.190	31.672.482	31.781.141	31.890.174	31.999.588	32.109.391	32.219.592	32.330.198	32.441.217	32.552.659	32.803.489	32.803.489
<b>FLUXO DE CAIXA INCREME</b>	<b>(233.478.521,8)</b>	<b>18.416.473</b>	<b>18.751.740</b>	<b>19.089.196</b>	<b>19.428.927</b>	<b>22.098.136</b>	<b>22.206.428</b>	<b>22.315.087</b>	<b>22.424.120</b>	<b>22.533.534</b>	<b>22.643.337</b>	<b>22.753.538</b>	<b>22.864.144</b>	<b>22.975.163</b>	<b>23.086.605</b>	<b>23.337.435</b>	<b>23.337.435</b>
<b>INDICADORES FINANCEIROS</b>		<b>FLUXO ANUAL DOS SUBSÍDIOS (Valores em Reais de Julho de 2000)</b>															
TAXA INTERNA DE RETORNO	0,29%																
VALOR PRESENTE LÍQUIDO	(233.478.521,8)																
<b>VOLUME DOS SUBSÍDIOS</b>																	
. Tarifa de Irrigação para TIF	0,207																
. Tarifa de Irrigação prevista	0,040																
. Valor do subsídio na tarifa	0,167																
. Valor Presente do Subsídio	256.055.633,5	1.202.400	1.202.400	1.202.400	1.202.400	1.202.400	18.634.751	25.174.916	35.146.152	35.146.152	35.146.152	49.570.527	52.055.487	62.288.105	62.288.105	67.843.583	67.843.583
. Valor Presente do Impacto	24.728.496,8																
. Valor do Subsídio Líquido	231.327.136,7																
. Subsídio por hectare irrigaç	7.857,8	84.510.016	84.510.016	84.510.016	84.510.016	94.156.604	94.156.604	94.156.604	94.156.604	94.156.604	94.156.604	94.156.604	94.156.604	94.156.604	94.156.604	94.156.604	94.156.604

(\*) Taxa de desconto de 12% a.a.

TABELA 10.29 - CUSTO MARGINAL DE LONGO PRAZO DA ÁGUA (R\$/m<sup>3</sup>)

Discriminação	Valor Presente (*)	Valor Presente (**)															
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
CONSUMO (m <sup>3</sup> /ano)	<b>1.259.011.602</b>	-	-	13.733.726	13.840.627	13.947.924	14.055.627	14.163.743	118.659.415	157.960.457	217.808.504	217.950.294	218.093.901	304.612.904	319.860.052	381.502.156	381.872.949
<b>CUSTOS</b>	<b>344.178.083</b>	<u>82.106.239</u>	<u>70.428.317</u>	<u>57.446.792</u>	<u>61.885.144</u>	<u>63.549.527</u>	<u>60.026.748</u>	<u>60.026.748</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>
, Investimentos	276.494.590	81.551.445	69.318.729	53.008.439	53.008.439	53.008.439	48.930.867	48.930.867	-	-	-	-	-	-	-	-	-
, Custos de O&M + Energia	67.683.493	554.794	1.109.588	4.438.352	8.876.705	10.541.087	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881

TABELA 10.29 - CUSTO MARGINAL DE LONGO PRAZO DA ÁGUA (R\$/m<sup>3</sup>) (Cont.)

Discriminação	Valor Presente (*)	Anos															
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
CONSUMO (m <sup>3</sup> /ano)	<b>1.259.011.602</b>	415.512.005	415.886.731	516.062.538	516.441.506	516.822.719	517.206.264	575.486.417	575.622.528	575.759.139	575.896.260	576.033.903	576.172.077	576.310.796	576.450.071	576.589.913	576.730.336
<b>CUSTOS</b>	<b>344.178.083</b>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>	<u>11.095.881</u>
, Investimentos	276.494.590	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
, Custos de O&M	67.683.493	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881	11.095.881
<b>CUSTO MARGINAL TOTAL (R\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>0,2734</b>																
<b>CUSTO MARGINAL INVESTIMEN</b>	<b>0,2196</b>																
<b>CUSTO MARGINAL PARA O&amp;M (</b>	<b>0,0538</b>																

(\*) Taxa de desconto de 12% a.a.

(\*\*) Aliquota média de incidência de impostos

Tendo como referencial o custo médio incremental, a preços financeiros, a tarifa dos serviços de água seria de R\$ 0,27/m<sup>3</sup>.

Observa-se que a tarifa avaliada em termos de custos médios incrementais de longo prazo (CMILP) atenderia ao objetivo social do projeto, uma vez que situaria dentro dos limites de comprometimento da renda da população de baixo poder aquisitivo. Comparando o valor da conta de água de R\$ 2,73/mês, considerando um consumo de 10 m<sup>3</sup>/mês, calculado pelo CMILP (Custo Marginal), pelo valor do salário mínimo, nota-se que esta comprometeria apenas 1,8% do mesmo, o que pode ser considerado como bastante aceitável.

#### **10.2.10. Impacto Fiscal**

O impacto fiscal do projeto foi calculado através da diferença entre a situação com projeto e a situação sem projeto dos fluxos financeiros de investimentos, custos de operação e manutenção e de receitas, considerando os seguintes percentuais médios de incidência de impostos:

- a) Pessoal: 30% sobre a folha de salários para recolhimento do FGTS e INSS;
- b) Energia elétrica: 17% referente ao ICMS;
- c) Produtos Químicos: sobre este item incidem dois tipos de tributos - o IPI e o ICMS - estimados, respectivamente, em 10% e 15%;
- d) Outras despesas: admitiu-se a alíquota média de 15%;
- e) Receitas: sobre as vendas foram considerados a incidência de tributos, tais como ICMS, imposto de renda, PIS e FINSOCIAL, cujo total foi estimado em 15%.

A Tabela 10.30 apresenta o impacto fiscal incremental gerado pelo projeto do eixo de integração da Ibiapaba que, em termos de valor presente, foi de R\$ 22.710.724,00, a preços de julho de 2000. Este valor, apesar de representativo em termos de impacto direto na geração de impostos, pode ser considerado como conservador, pois limita-se apenas aos gastos de investimentos e de O&M e receitas pela venda de água e, portanto, não considera o impacto fiscal adicional a ser gerado com o incremento das atividades econômicas proporcionadas pelo projeto (efeitos "para traz" e "para frente"), que serão criadas pela agricultura irrigada, pelas agroindústrias, pelos movimentos comerciais e pelo aumento da renda das famílias. Como consequência ainda dos benefícios indiretos pela implantação do projeto, o setor público



MONTGOMERY WATSON



reduzirá, naturalmente, suas despesas com obras e serviços de assistência social, principalmente para oferecer fontes alternativas de abastecimento humano e pela redução dos atendimentos médicos provocados pela melhoria da qualidade da água. Desta forma, pode-se concluir que o projeto do eixo de integração da Ibiapaba é financeiramente viável, desde que sejam incluídos nos fluxos de benefícios líquidos, como consequência do projeto, todos os impactos fiscais diretos e indiretos.



TABELA 10.30 - ESTIMATIVA DO IMPACTO FISCAL PROPORCIONADO PELO PROJETO

Discriminação	Alíquota (*)	Valor Presente (**)	Anos														
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>SITUAÇÃO SEM PROJETO</b>																	
<b>DESPESAS</b>		<b>2.647.685</b>	-	-	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>
. Pessoal	30%	2.121.664	-	-	338.352	338.352	338.352	338.352	338.352	338.352	338.352	338.352	338.352	338.352	338.352	338.352	338.352
. Energia	17%	375.277	-	-	59.847	59.847	59.847	59.847	59.847	59.847	59.847	59.847	59.847	59.847	59.847	59.847	59.847
. Produtos Químicos	25%	28.105	-	-	4.482	4.482	4.482	4.482	4.482	4.482	4.482	4.482	4.482	4.482	4.482	4.482	4.482
. Outros	15%	122.640	-	-	19.558	19.558	19.558	19.558	19.558	19.558	19.558	19.558	19.558	19.558	19.558	19.558	19.558
<b>RECEITAS</b>	15%	<b>582.408</b>	-	-	-	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>
<b>TOTAL DE IMPOSTOS S/P</b>		<b>3.230.093</b>	-	-	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>	<b>422.239</b>
<b>SITUAÇÃO COM PROJETO</b>																	
<b>DESPESAS</b>		<b>12.915.123</b>	<b>120.106</b>	<b>240.211</b>	<b>720.634</b>	<b>960.845</b>	<b>1.921.690</b>	<b>2.282.007</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>
. Pessoal	30%	6.379.694	59.329	118.657	355.972	474.629	949.259	1.127.245	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574
. Energia	17%	6.414.851	59.656	119.311	357.934	477.245	954.490	1.133.457	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113
. Produtos Químicos	25%	54.808	510	1.019	3.058	4.078	8.155	9.684	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194
. Outros	15%	65.770	612	1.223	3.670	4.893	9.786	11.621	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233
<b>RECEITAS</b>	15%	<b>15.043.467</b>	-	-	<b>862.002</b>	<b>884.589</b>	<b>907.512</b>	<b>1.526.042</b>	<b>1.794.425</b>	<b>2.187.886</b>	<b>2.215.414</b>	<b>2.243.212</b>	<b>2.773.988</b>	<b>2.909.155</b>	<b>3.314.591</b>	<b>3.363.688</b>	<b>3.606.676</b>
<b>TOTAL DE IMPOSTOS C/P</b>		<b>27.958.590</b>	<b>120.106</b>	<b>240.211</b>	<b>1.582.636</b>	<b>1.845.434</b>	<b>2.829.202</b>	<b>3.808.049</b>	<b>4.196.537</b>	<b>4.589.999</b>	<b>4.617.526</b>	<b>4.645.325</b>	<b>5.176.101</b>	<b>5.311.268</b>	<b>5.716.704</b>	<b>5.765.801</b>	<b>6.008.789</b>
<b>INCREMENTO DA ARRECAÇÃO</b>		<b>24.728.497</b>	<b>120.106</b>	<b>240.211</b>	<b>1.160.397</b>	<b>1.318.423</b>	<b>2.302.191</b>	<b>3.281.038</b>	<b>3.669.526</b>	<b>4.062.987</b>	<b>4.090.515</b>	<b>4.118.314</b>	<b>4.649.089</b>	<b>4.784.256</b>	<b>5.189.692</b>	<b>5.238.789</b>	<b>5.481.777</b>

(\*) Alíquota média de incidência de impostos

(\*\*) Taxa de desconto de 12% a.a.

TABELA 10.30 - ESTIMATIVA DO IMPACTO FISCAL PROPORCIONADO PELO PROJETO (Continuação)

Discriminação	Alíquota (*)	Valor Presente (**)	Anos														
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>SITUAÇÃO SEM PROJETO</b>																	
<b>DESPESAS</b>		<b>2.647.685</b>	<b>527.012</b>	<b>527.012</b>	<b>527.012</b>	<b>527.012</b>	<b>527.012</b>	<b>527.012</b>	<b>527.012</b>	<b>527.012</b>	<b>527.012</b>	<b>527.012</b>	<b>527.012</b>	<b>527.012</b>	<b>527.012</b>	<b>527.012</b>	<b>527.012</b>
. Pessoal	30%	2.121.664	338.352	338.352	338.352	338.352	338.352	338.352	338.352	338.352	338.352	338.352	338.352	338.352	338.352	338.352	338.352
. Energia	17%	375.277	59.847	59.847	59.847	59.847	59.847	59.847	59.847	59.847	59.847	59.847	59.847	59.847	59.847	59.847	59.847
. Produtos Químicos	25%	28.105	4.482	4.482	4.482	4.482	4.482	4.482	4.482	4.482	4.482	4.482	4.482	4.482	4.482	4.482	4.482
. Outros	15%	122.640	19.558	19.558	19.558	19.558	19.558	19.558	19.558	19.558	19.558	19.558	19.558	19.558	19.558	19.558	19.558
<b>RECEITAS</b>	15%	<b>582.408</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>	<b>104.772</b>
<b>TOTAL DE IMPOSTOS S/P</b>		<b>3.230.093</b>	<b>631.784</b>	<b>631.784</b>	<b>631.784</b>	<b>631.784</b>	<b>631.784</b>	<b>631.784</b>	<b>631.784</b>	<b>631.784</b>	<b>631.784</b>	<b>631.784</b>	<b>631.784</b>	<b>631.784</b>	<b>631.784</b>	<b>631.784</b>	<b>631.784</b>
<b>SITUAÇÃO COM PROJETO</b>																	
<b>DESPESAS</b>		<b>12.915.123</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>	<b>2.402.113</b>
. Pessoal	30%	6.379.694	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574	1.186.574
. Energia	17%	6.414.851	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113	1.193.113
. Produtos Químicos	25%	54.808	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194	10.194
. Outros	15%	65.770	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233	12.233
<b>RECEITAS</b>	15%	<b>15.043.467</b>	<b>4.287.151</b>	<b>4.337.441</b>	<b>4.388.060</b>	<b>4.439.019</b>	<b>4.839.401</b>	<b>4.855.645</b>	<b>4.871.943</b>	<b>4.888.298</b>	<b>4.904.710</b>	<b>4.921.181</b>	<b>4.937.711</b>	<b>4.954.302</b>	<b>4.970.955</b>	<b>4.987.671</b>	<b>5.025.296</b>
<b>TOTAL DE IMPOSTOS C/P</b>		<b>27.958.590</b>	<b>6.689.264</b>	<b>6.739.554</b>	<b>6.790.173</b>	<b>6.841.132</b>	<b>7.241.513</b>	<b>7.257.757</b>	<b>7.274.056</b>	<b>7.290.411</b>	<b>7.306.823</b>	<b>7.323.294</b>	<b>7.339.824</b>	<b>7.356.415</b>	<b>7.373.068</b>	<b>7.389.784</b>	<b>7.427.408</b>
<b>INCREMENTO DA ARRECAÇÃO</b>		<b>24.728.497</b>	<b>6.057.480</b>	<b>6.107.770</b>	<b>6.158.389</b>	<b>6.209.348</b>	<b>6.609.730</b>	<b>6.625.973</b>	<b>6.642.272</b>	<b>6.658.627</b>	<b>6.675.039</b>	<b>6.691.510</b>	<b>6.708.040</b>	<b>6.724.631</b>	<b>6.741.284</b>	<b>6.758.000</b>	<b>6.795.625</b>

(\*) Alíquota média de incidência de impostos

(\*\*) Taxa de desconto de 12% a.a.

### 10.3. AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Os benefícios sociais decorrentes da implantação de um projeto de abastecimento de água potável tornam o processo decisório de natureza social, pois, em geral, espera-se que esses projetos possam proporcionar os seguintes benefícios:

- redução das taxas de morbidade e mortalidade provocada por enfermidades de origem hídrica;
- melhorias dos hábitos e atitudes da população beneficiária, com respeito ao uso da água e disposição final;
- promoção do desenvolvimento econômico, social e intelectual das comunidades através de melhorias das condições sanitárias.

No entanto, dado ao reconhecido *problema econômico* de escassez de recursos frente às necessidades ilimitadas, a decisão sobre a implantação desses projetos exige a aplicação de critérios econômicos, tendo em vista os objetivos de alocação eficiente dos recursos, de crescimento econômico e de distribuição de renda.

É dentro desse contexto do problema econômico que se insere a avaliação econômica de projetos, com o intuito de demonstrar para a sociedade em quanto a implantação de um projeto aumenta o seu bem-estar. Em um país em desenvolvimento, uma boa medida dessa variação de bem-estar coletivo é o incremento de riqueza gerado pelo projeto.

A mensuração dessa variação pode ser efetuada através de uma análise de custo-benefício (ACB). Uma técnica de estimar monetariamente os custos e benefícios decorrentes de um projeto sobre todos os agentes afetados, em uma mesma medida (reais, dólares, etc) e para diferentes momentos. Em outras palavras, o objetivo da ACB é formar um fluxo de caixa de custos e benefícios que atualizados por uma dada taxa social de desconto resultem em um valor presente líquido (VPL). Se o valor presente desse fluxo for positivo, deve-se aceitar o projeto, pois neste caso ele agregará riqueza à sociedade, mas se VPL for negativo, deve-se rejeitá-lo, mesmo que privadamente represente um bom negócio para os donos do projeto, pois nesta situação, o ganho proporcionado aos donos será, pelo menos, igual à perda sofrida pelos demais agentes econômicos afetados.

É nesse último ponto que aparece uma primeira diferença entre a avaliação financeira e econômica de projeto, aquela se preocupa apenas com os empreendedores ou financiadores,

enquanto que esta última envolve todos os agentes econômicos: consumidores, produtores e governos.

### 10.3.1. Critérios Utilizados

#### 10.3.1.1. Conversão a Preços de Eficiência

Como se requerem valores a preços econômicos<sup>10</sup>, devem-se utilizar fatores de conversão para transformar os custos a preços de mercado para preços sociais. Para isso, sugere-se utilizar os mesmos fatores de conversão já utilizados pelos programas de financiamento no âmbito do Programa de Modernização do Setor de Saneamento – PMSS II, financiado pelo BIRD, ou seja:

Item	Fatores de Conversão (F.C.)
Mão de Obra Qualificada	0,81
Mão de Obra Não Qualificada	0,46
Materiais Nacionais e Importados	0,88
Equipamentos Nacionais e Importados	0,80
Produtos Químicos	0,83
Energia Elétrica	0,97
Fator de Conversão Padrão	0,94

#### 10.3.1.2. Taxa de Desconto Social e Horizonte de Planejamento

A taxa social de desconto que convencionalmente se emprega e é recomendada pelo BIRD para este tipo de projeto para cálculo do valor presente dos custos e receitas é de 12% ao ano. O horizonte de planejamento é de 32 anos, sendo 2 (dois) para implantação do projeto, e 30 anos de geração de benefícios (operação).

---

<sup>10</sup> Denomina-se preço econômico, sombra, social, ou de eficiência como aquele que ocorreria em uma economia em equilíbrio, em condições de concorrência perfeita e ausência de distorções de mercado- impostos discriminatórios, subsídios, externalidades, etc. Embora o rigor técnico distinga diferenças metodológicas de cálculo desses preços, cabe aqui lembrar que, na prática, a conversão de um orçamento de um projeto a preços financeiros ou de mercado para preços sociais sempre se efetua empregando fatores de conversões, sejam específicos para cada insumo empregado no projeto, ou generalizados: mão-de-obra, insumos importados, energia elétrica, ou componentes nacionais etc.



### 10.3.1.3. Identificação dos Consumidores

Na avaliação econômica foram definidos três tipos de consumidores, considerando-se os abastecimentos humano (difusos/rurais e urbanos) e irrigação.

Foram, então, definidos os seguintes grupos de usuários:

- **Grupo 1** – Usuários de água bruta para irrigação
- **Grupo 2** – Usuários humanos em áreas difusas
- **Grupo 3** – Usuários urbanos residenciais

### 10.3.1.4. Elasticidade-preço da Demanda

Estudos desenvolvidos pelo Banco do Nordeste em 1997 para estimação de funções de demanda de água no Nordeste calculam os custos econômicos (preço por m<sup>3</sup>) para cada um desses modos de obtenção de água na região.

Identificada a situação base, deve-se em seguida proceder à demanda de água na situação com projeto. A diferença entre a situação com e sem o projeto definirá os benefícios do projeto pelo consumo adicional de água.

Para determinar a demanda com o projeto, deve-se valer de funções de demanda de água, estimadas para esse fim. As formas funcionais usualmente empregadas para ajustar as curvas de demanda de água em função do preço são as lineares e hiperbólicas. No caso do modelo SIMOP<sup>11</sup>, a função linear se desdobra em dois outros tipos de curva, **tipo I** para as funções de demanda cujo deslocamento ao longo do tempo se processa sem alteração na magnitude da elasticidade, para um dado nível de preço (intercepto constante), e o **tipo II** cujo deslocamento da função se processa paralelamente ao longo do tempo (inclinação constante), porém para um mesmo nível de preço a elasticidade vai diminuindo em magnitude absoluta.

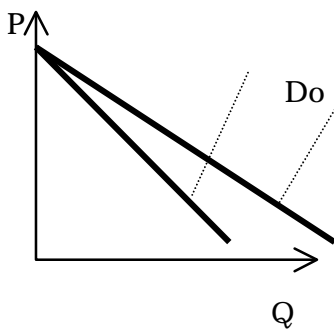
A função hiperbólica, denominado no SIMOP por **tipo III**, é a mais recomendada para o consumo humano, por representar um bem em que sempre há um nível mínimo de consumo, independente do preço cobrado.

---

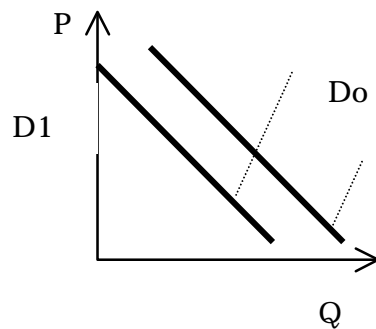
<sup>11</sup> O SIMOP é um modelo computacional desenvolvido pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento-BID para simular custos e benefícios econômicos decorrentes de um projeto de expansão de sistemas de abastecimento de água. A metodologia e operação do modelo encontram-se no Manual del Usuario – Publicação Técnica No. 12-75, preparado por Terry A. Power.

Os gráficos I, II e III abaixo ilustram essas formas funcionais, inclusive os deslocamentos dessas curvas ao longo do tempo. Nos casos ilustrados, a curva  $D_0$  representa a curva de demanda do ano zero do projeto, enquanto a curva  $D_1$  mostra a curva de demanda do ano um, cujo deslocamento ocorre tanto em função do crescimento do número de consumidores, como em função do crescimento da renda per capita dos consumidores, que por sua vez eleva os consumos per capita.

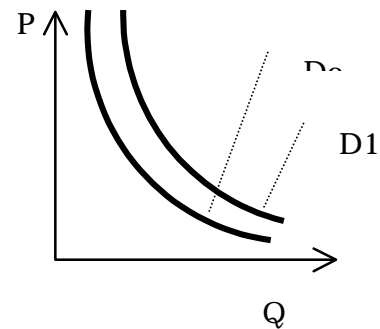
Tipo I



Tipo II



Tipo III



As equações que originam essas curvas são mostradas a seguir:

$$Q = a + bP \Rightarrow \text{função linear}$$

$$Q = a P^e \Rightarrow \text{função hiperbólica, que linearizando-a se torna : } \ln Q = \ln A + e \ln P,$$

onde:

$Q \Rightarrow$  é quantidade demandada em função do preço;

$a \Rightarrow$  é constante da função;

$P \Rightarrow$  o preço do  $m^3$  da água consumida e

$e \Rightarrow$  a elasticidade preço-consumo.

Salientando-se que no caso da função hiperbólica a elasticidade-preço é obtida diretamente da função, que é o expoente da variável preço, enquanto que para a função linear o valor da elasticidade está dada pela seguinte fórmula:

$$e = (\Delta Q / \Delta P) \cdot (P / Q)$$

onde:

$(\Delta Q / \Delta P) \Rightarrow$  corresponde a derivada da função de demanda com relação a preço;

$(P / Q) \Rightarrow$  razão preço-quantidade, que pode ser calculado para um determinado ponto da equação ou para um intervalo de valores, que neste caso deve-se tomar o valor médio da série de preço e da quantidade.

Para o abastecimento humano, considerou-se a elasticidade de  $-0,55$ , de acordo com a função de demanda de água do Nordeste (Banco do Nordeste, 1997)<sup>12</sup>. Para a irrigação, empregou-se a elasticidade de  $-1,34$ , estimada com base no estudo de PINHEIRO<sup>13</sup>.

#### 10.3.1.5. Custo Alternativo da Água

Os consumidores não conectados à rede pública de abastecimento de água suprem suas necessidades através de diversas fontes alternativas, tais como poços particulares, carros-pipa, buscam água em córregos, chafarizes, vizinhos e, não raro, compram água, entre outras.

Esses custos, em geral, são mais elevados, por unidade de volume, do que os cobrados pelos sistemas públicos de abastecimento. Além disso, os sistemas públicos oferecem água de melhor qualidade.

Para estas fontes alternativas de água, os custos, conforme o estudo desenvolvido pela PBLM, citado anteriormente, variam de R\$ 0,90/m<sup>3</sup> até R\$ 7,25/m<sup>3</sup>, com uma média de R\$ 2,77/m<sup>3</sup>, a preços de Agosto de 1997. Desta forma, o custo alternativo médio da água, atualizado a preços de julho de 2000, com base no IGP-DI (FGV), seria de R\$ 3,65/m<sup>3</sup>.

Para os usuários de água bruta para irrigação, consideraram-se os custos das fontes alternativas de água em áreas que tradicionalmente têm uma maior prática na aquisição da mesma, como é o caso da bacia do Jaguaribe. Desta forma, admitiu-se como custo alternativo médio da água bruta para irrigação na região em estudo o valor obtido através de pesquisa direta junto aos irrigantes no âmbito do projeto do Eixo Jaguaribe - Icapuí, o qual indica um custo médio estimado da ordem de R\$ 0,08/m<sup>3</sup>.

---

<sup>12</sup> Banco do Nordeste/PBLM-Consultoria Empresarial - Agosto, 1997.

### 10.3.2. Resultados da Avaliação Econômica

Com base nestas informações rodou-se o modelo SIMOP ( ver Anexo C), encontrando-se um valor presente líquido, a taxa de desconto de 12% ao ano, de R\$ 18.828.800,00 e uma taxa interna econômica de retorno de 12,94%, superior à taxa mínima (12%) exigida pelo Banco Mundial.

A Tabela 10.31 apresenta, de forma resumida, o valor presente dos benefícios e dos custos (investimentos e O&M) e os indicadores de rentabilidade para o projeto do eixo de integração da Ibiapaba.

**Tabela 10.31 - Indicadores da Avaliação Econômica**

DISCRIMINAÇÃO	RESULTADOS
BENEFÍCIOS (R\$)	268.443.242,00
CUSTOS (R\$)	249.614.443,00
RELAÇÃO BENEFÍCIO/CUSTO A 12%	1,08
VALOR PRESENTE LÍQUIDO A 12% (R\$)	18.828.800,00
TAXA INTERNA DE RETORNO (%)	12,94

Os resultados relativos às análises de sensibilidade demonstram que a TIR é mais sensível às variações nos coeficientes de elasticidade-preço da demanda pela água que às variações no custo alternativo da água (TABELAS 10.32 e 10.33).

---

<sup>13</sup> José César Vieira Pinheiro, “Valor Econômico da Água para Irrigação no Semi-Árido Cearense”, Tese de Doutorado, apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Fevereiro, 1988.

**Tabela 10.32 - Sensibilidade da Taxa Interna de Retorno (TIR) a Variações no Coeficiente de Elasticidade-Preço da Demanda**

SIMULAÇÕES	TAXA INTERNA DE RETORNO (%)
- 0,85 (menos 0,30)	12,35
- 0,75 (menos 0,20)	12,74
- 0,65 (menos 0,10)	13,17
- <b>0,55 (original)</b>	<b>12,94</b>
- 0,45 (mais 0,10)	14,13
- 0,35 (mais 0,20)	14,68
- 0,25 (mais 0,30)	15,28

**Tabela 10.33 - Sensibilidade da Taxa Interna de Retorno (TIR) a Variações no Custo Alternativo da Água**

SIMULAÇÕES	TAXA INTERNA DE RETORNO (%)
• Menos R\$ 0,60	15,93
• Menos R\$ 0,40	13,70
• Menos R\$ 0,20	13,07
• <b>Original</b>	<b>12,94</b>
• Mais R\$ 0,20	13,00
• Mais R\$ 0,40	13,17
• Mais R\$ 0,60	13,37



MONTGOMERY WATSON



## **ANEXO A – ESTIMATIVA DE CUSTOS DE CANAIS PARA UMA SEÇÃO QUALQUER**

---

## 1. ESTIMATIVA DE CUSTOS DE CANAIS PARA UMA SEÇÃO QUALQUER

### 1.1 - METODOLOGIA

O método utilizado no dimensionamento do canal foi o de Manning, dado pela seguinte fórmula:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Onde:

**Q** = vazão (m<sup>3</sup>/s)

**n** = Coef. de Manning

**A** = Área da seção transversal do canal (m<sup>2</sup>)

**R<sub>h</sub>** = Raio hidráulico do canal (m)

**i** = Declividade do canal ( m/m )

Das variáveis que formam a equação de Manning, são conhecidas a vazão (**Q**), o coef. de Manning (**n**) e a declividade (**i**). Dados estes parâmetros os elementos dimensionais da seção do canal devem satisfazer a equação da continuidade, ou seja:

**Q** = **V.A**, sendo V a velocidade média da água, em m/s

### 1.2. PARÂMETROS HIDRÁULICOS E DIMENSIONAIS DA SEÇÃO DO CANAL.

Os principais elementos geométricos do canal são apresentados nas Figuras 01 e 02, que mostram as seções tipo para duas condições, ou seja, canal implantado totalmente em aterro ou totalmente em corte, respectivamente. Os elementos indicados nas figuras das seções tipo possuem os seguintes significados:

- b..... *base menor*
- B..... *base maior*
- h..... *altura d'água normal*
- h<sub>1</sub>(seção em aterro)..... *altura entre o fundo do canal e o terreno natural*



- $h_1$ (seção em corte) ..... altura entre o terreno natural e a berma do canal
- $f$ ..... freeboard do canal
- $H$  ..... altura total do canal(= $h+f$ )
- $z$  ..... inclinação dos taludes
- $L_1$ ..... largura da berma lado esquerdo
- $L_2$ ..... largura da berma lado direito
- $L_3$ (Seção em aterro)..... base maior da seção do aterro
- $L_3$ (Seção em corte) ..... largura superior da seção de escavação

As equações que definem os principais parâmetros da seção são as mostradas no Quadro 01.

**Quadro 01** - Equações Básicas Para o Cálculo da Seção Transversal de Canal Trapezoidal

PARÂMETROS	EQUAÇÃO
• Área (m <sup>2</sup> )	$A = (b + zh)h$
• Perímetro Molhado (m)	$P = b + 2h\sqrt{1 + z^2}$
• Raio Hidráulico (m)	$Rh = \frac{A}{P} = \frac{(b + z h)h}{b + 2h\sqrt{1 + z^2}}$

As equações definidas anteriormente são interdependentes e, para um dado valor de **Q**, **i** e **n**, a seção do canal deverá satisfazer a equação da continuidade.

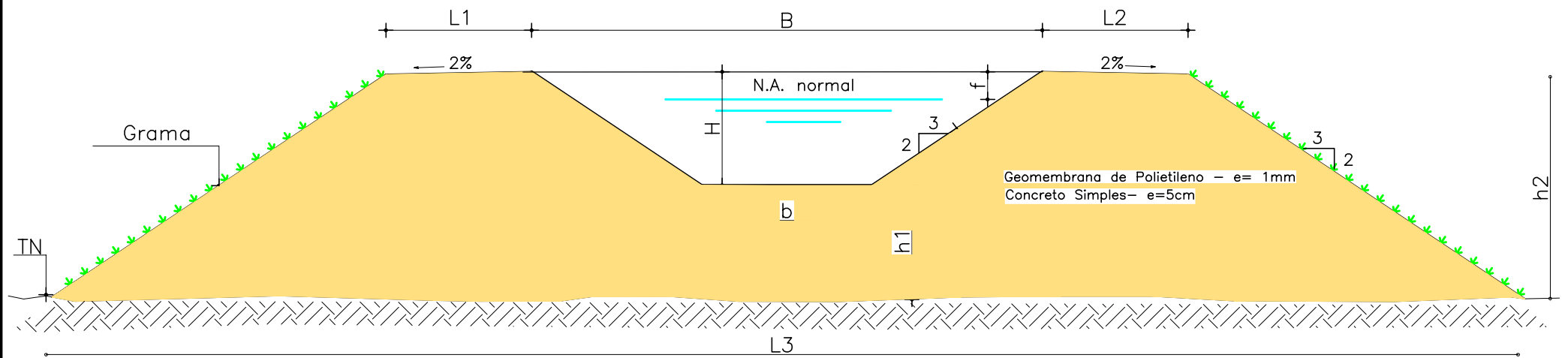
Considerando que a seção do canal pode assumir diferentes formas para um mesmo valor da área, será adotado nos cálculos o conceito da seção de máxima eficiência.

A seção de máxima eficiência, para um dado valor de **Q**, **n** e **i**, é aquela que apresenta o maior raio hidráulico **Rh**. Esta condição é obtida quando o perímetro molhado **P** é mínimo. A equação que descreve esta condição é dado por:



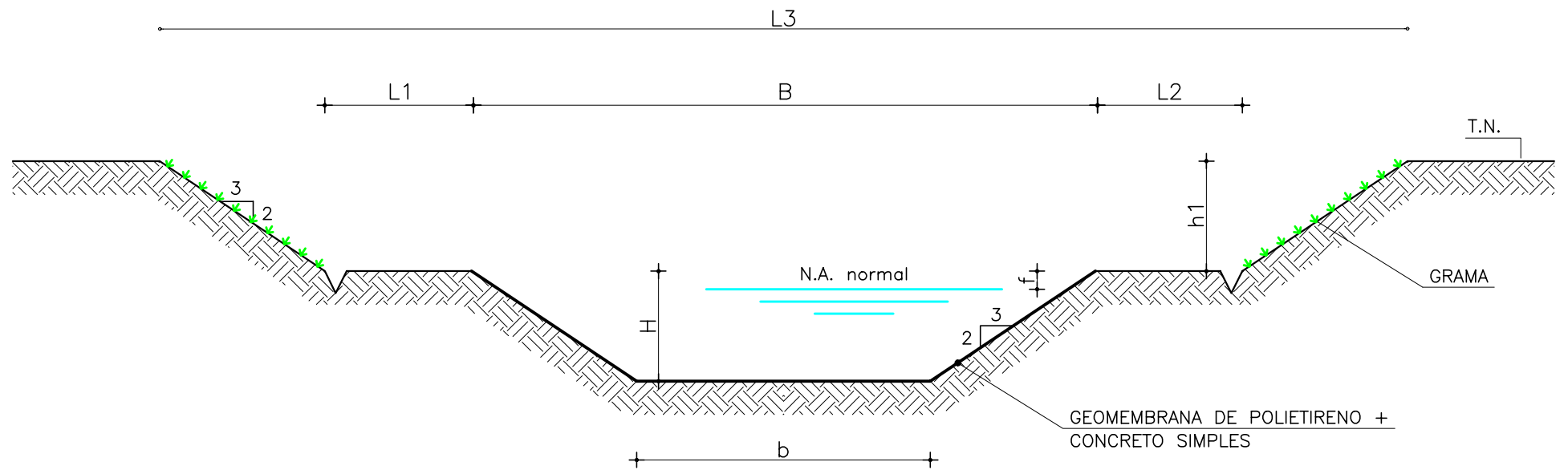
# SEÇÃO TIPO EM ATERRO

FIGURA 01



# SEÇÃO TIPO EM CORTE

FIGURA 02



$$\frac{h}{b} = 2 \tan \frac{\theta}{2}$$

No Quadro 02 - são apresentados os valores da relação  $\frac{h}{b}$  para vários valores de taludes.

**Quadro 02** - Relação  $\frac{h}{b}$  Para diversos valores de  $\theta$  e z

Talude (z)	$\theta$	$\frac{h}{b}$
Vertical	90°00'00"	2,000
0,25:1	75°58'	1,562
0,50:1	63°26'	1,236
0,75:1	53°08'	1,000
1,00:1	45°00'	0,822
1,25:1	38°40'	0,702
1,50:1	33°41'	0,605
1,75:1	29°44'	0,525
2,50:1	21°48'	0,379
3,00:1	18°26'	0,325

Com a vazão Q e o coeficiente n conhecidos, a equação do Manning pode ser escrita da forma:

$$\frac{n \cdot Q}{I^{1/2}} = \Delta R h^{2/3} = \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}}$$

A partir da equação acima os valores explicitados de h e b são:

$$h = \frac{\left( \frac{b}{h} + 2 \sqrt{1 + Z} \right)^{1/4} \times \left[ \frac{n}{i^{1/2}} \right]^{3/8}}{\left( \frac{b}{Z} + Z \right)^{5/8}}$$

$$b = \frac{\left(1 + 2 \frac{h}{b} \sqrt{1 + z^2}\right)^{1/4} \times \left[\frac{n Q}{i^{1/2}}\right]^{3/8}}{\left(\frac{h}{b}\right)^{5/8} \left(1 + \frac{h}{b} z\right)^{3/8}}$$

Chamando de profundidade hidráulica ( $Z$ ) o termo  $\left[\frac{n Q}{i^{1/2}}\right]^{3/8}$ , teremos

$$h = k_1 Z \text{ e } b = K_2 Z$$

Onde  $K_1$  e  $K_2$  são fatores de forma da seção de máxima eficiência em função de  $z$ , mostrados no Quadro 03.

**Quadro 03** - Valores de  $K_1$  e  $K_2$  em função de  $z$

Talude (z)	K1	K2
vertical	0,92	1,93
0,25:1	0,96	1,47
0,50:1	0,96	1,20
0,75:1	0,86	0,96
1,00:1	0,95	0,79
1,25:1	0,93	0,64
1,50:	0,90	0,55
1,75:1	0,87	0,47
2,00:	0,85	0,40
2,50:	0,80	0,30
3,00:1	0,76	0,24

### 1.3. DIMENSIONAMENTO DA SEÇÃO DO CANAL E ESTIMATIVA DE CUSTO DE IMPLANTAÇÃO

Como o objetivo fundamentalmente do estudo é estimar, a nível preliminar, os custos de implantação de canais para uma seção qualquer, foram adotadas as seguintes hipóteses:

- Declividade de 0,25m/Km;
- Implantação do canal para uma dada vazão em aterro e em corte;



- Altura média  $h_1$  de 1,0m;
- Largura das bermas L1 e L2 de 4,0m;
- Inclinação dos taludes  $z$  de 3:2;
- Coef. de Maninng  $n$  de 0,016;
- Freeboard  $f$  variável em função da vazão, sendo:
  - $Q \leq 5,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $f=0,3\text{m}$
  - $5 < Q \leq 10,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $f=0,4\text{m}$
  - $110 < Q < 15,0 \text{ m}^3/\text{s}$   $f=0,45\text{m}$
  - $15 < Q \leq 20,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $f=0,50 \text{ m}$
  - $20 < Q \leq 25,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $f=0,55\text{m}$
  - $25 < Q \leq 0,30, \text{ m}^3/\text{s}$   $f=0,60\text{m}$
  - $30 < Q \leq 35,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $f=0,60\text{m}$
  - $35 < Q \leq 40,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $f=0,70\text{m}$
- Escavação
  - Em material de 1ª categoria – 50% do total
  - Em material de 2ª categoria – 30% do total
  - Em material de 3ª categoria – 20% do total
- Revestimento do canal com geomembrana de polietileno texturizada  $e=1,0\text{mm}$  sob placa de concreto simples  $e=5,0\text{cm}$  .
- Estimativa de custo do canal por Km.

#### 1.4. RESULTADOS

O Quadro 04 apresenta os Parâmetros dimensionais das seções do canal em função da vazão, tendo como base de cálculo as hipóteses mencionadas.

Os Quadros 05 e 06 mostram os dados gerais das seções em aterro e em corte respectivamente, bem como os quantitativos referentes aos serviços envolvidos na execução de cada seção tipo.

No Quadro 07 estão resumidos os custos de implantação do canal para a duas seções tipo. O custo referente a seção média representa a média dos valores das seções em aterro e em corte.



MONTGOMERY WATSON



A representação gráfica dos custos de implantação do canal, para uma vazão qualquer, pode ser visualizada na Figura 03.

As planilhas de composições dos custos unitários para cada situação estudada são apresentadas no final deste anexo.



MONTGOMERY WATSON



**QUADRO 04 - PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DE CANAIS**

SEÇÃO	PARÂMETROS HIDRÁULICOS E DIMENSIONAIS DO CANAL														
	<i>Q</i>	<i>i</i>	<i>n</i>	<i>z</i>	<i>Z</i>	<i>K1</i>	<i>K2</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>A</i>	<i>P</i>	<i>Rh</i>	<i>V</i>
1	2,50	0,00025	0,016	1,5	1,42	0,9	0,55	0,78	1,27	5,50	1,57	3,43	5,37	0,64	0,73
2	5,00	0,00025	0,016	1,5	1,84	0,9	0,55	1,01	1,65	6,87	1,95	5,77	6,97	0,83	0,87
3	10,00	0,00025	0,016	1,5	2,38	0,9	0,55	1,31	2,14	8,94	2,54	9,70	9,04	1,07	1,03
4	15,00	0,00025	0,016	1,5	2,77	0,9	0,55	1,53	2,50	10,36	2,95	13,15	10,52	1,25	1,14
5	20,00	0,00025	0,016	1,5	3,09	0,9	0,55	1,70	2,78	11,54	3,28	16,32	11,72	1,39	1,23
6	25,00	0,00025	0,016	1,5	3,36	0,9	0,55	1,85	3,02	12,57	3,57	19,29	12,75	1,51	1,30
7	30,00	0,00025	0,016	1,5	3,60	0,9	0,55	1,98	3,24	13,49	3,84	22,12	13,65	1,62	1,36
8	35,00	0,00025	0,016	1,5	3,81	0,9	0,55	2,10	3,43	14,33	4,08	24,83	14,46	1,72	1,41
9	40,00	0,00025	0,016	1,5	4,01	0,9	0,55	2,20	3,61	15,12	4,31	27,44	15,20	1,81	1,46



MONTGOMERY WATSON

**QUADRO 05 - DADOS GERAIS DO CANAL: SEÇÃO EM ATERRO**

SEÇÃO	DADOS CONSTRUTIVOS																
	DIMENSÕES ( m )									ÁREAS ( m <sup>2</sup> )						Volume Expurgo ( m <sup>3</sup> )	Volume Aterro ( m <sup>3</sup> )
	Q	H	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	b	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>faixa</sub>	Expurgo	Aterro	Regular.	Proteção Talude	Revest.	Desap.		
1	2,50	1,57	1,00	2,57	0,78	4,00	4,00	21,23	71,23	21.227,05	40,71	6.456,56	9.283,14	6.456,56	71.227,05	6.368,12	40.708,16
2	5,00	1,95	1,00	2,95	1,01	4,00	4,00	23,73	73,73	23.728,54	50,47	8.052,04	10.647,39	8.052,04	73.728,54	7.118,56	50.468,10
3	10,00	2,54	1,00	3,54	1,31	4,00	4,00	27,57	77,57	27.572,56	67,36	10.481,68	12.777,17	10.481,68	77.572,56	8.271,77	67.360,75
4	15,00	2,95	1,00	3,95	1,53	4,00	4,00	30,20	80,20	30.199,94	80,07	12.146,40	14.226,75	12.146,40	80.199,94	9.059,98	80.066,76
5	20,00	3,28	1,00	4,28	1,70	4,00	4,00	32,38	82,38	32.379,53	91,37	13.525,51	15.432,11	13.525,51	82.379,53	9.713,86	91.365,48
6	25,00	3,57	1,00	4,57	1,85	4,00	4,00	34,28	84,28	34.283,69	101,80	14.728,94	16.487,26	14.728,94	84.283,69	10.285,11	101.802,77
7	30,00	3,84	1,00	4,84	1,98	4,00	4,00	36,00	86,00	35.997,78	111,65	15.811,14	17.438,75	15.811,14	85.997,78	10.799,33	111.652,26
8	35,00	4,08	1,00	5,08	2,10	4,00	4,00	37,57	87,57	37.571,16	121,07	16.803,60	18.313,50	16.803,60	87.571,16	11.271,35	121.073,58
9	40,00	4,31	1,00	5,31	2,20	4,00	4,00	39,04	89,04	39.035,30	130,17	17.726,39	19.128,68	17.726,39	89.035,30	11.710,59	130.169,09

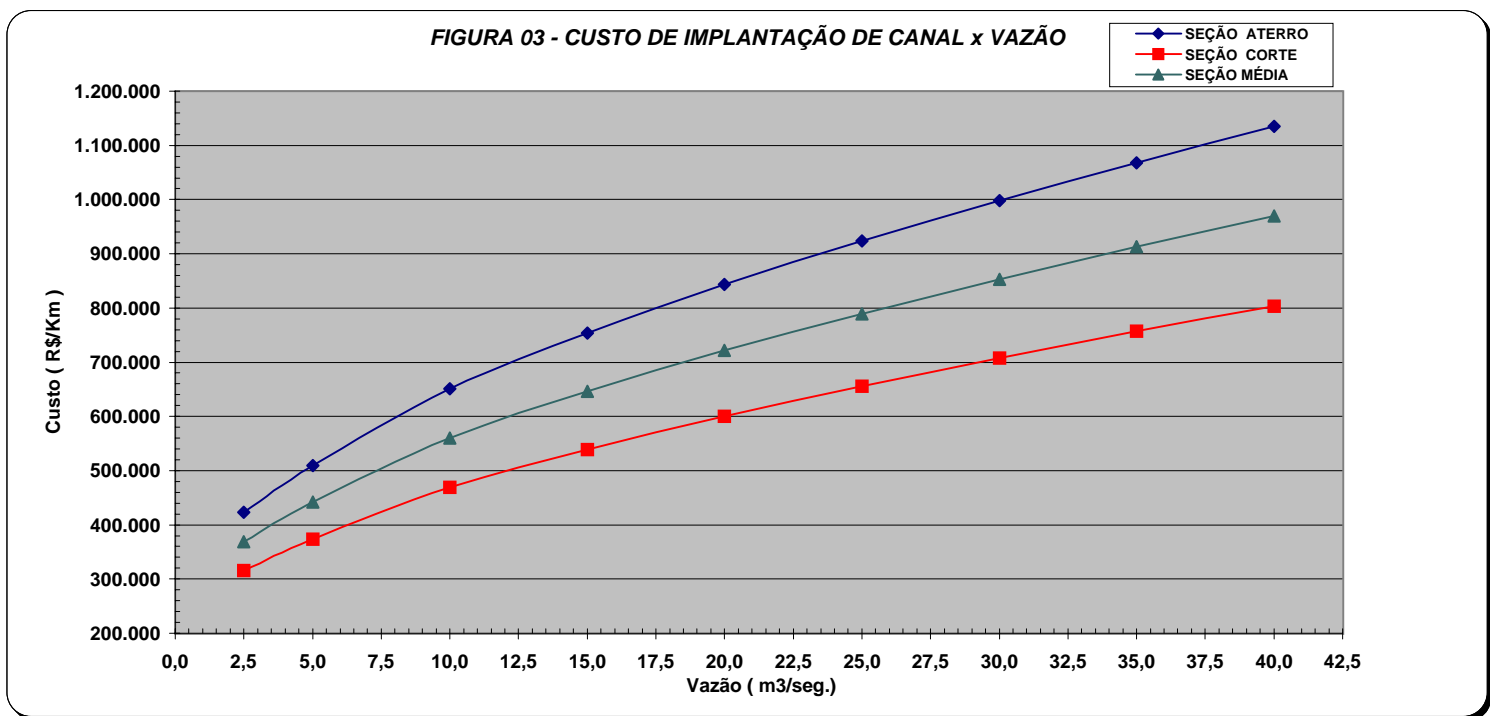




### QUADRO 07 - RESUMO DOS CUSTOS ( R\$/Km )



TIPO	VAZÃO ( m³/seg. )								
	2,50	5,00	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	35,00	40,00
<b>SEÇÃO ATERRO</b>	422.910,72	509.401,41	651.260,38	753.986,75	842.900,30	923.338,24	997.960,12	1.068.310,66	1.135.377,60
<b>SEÇÃO CORTE</b>	315.597,79	373.647,93	469.003,14	539.246,49	600.446,81	656.078,15	707.877,27	756.855,56	803.661,09
<b>SEÇÃO MÉDIA</b>	369.254,26	441.524,67	560.131,76	646.616,62	721.673,55	789.708,20	852.918,70	912.583,11	969.519,35



Função Custo ( C ) x Vazão ( Q ) - Válida somente para as hipóteses adotadas no dimensionamento	
<b>SEÇÃO ATERRO</b>	$C = 8,34Q^3 - 775,62Q^2 + 37.708Q + 336.991$ ( $R^2 = 0,9998$ )
<b>SEÇÃO CORTE</b>	$C = 6,86Q^3 - 639,24Q^2 + 31.437Q + 297.573$ ( $R^2 = 0,9998$ )
<b>SEÇÃO MÉDIA</b>	$C = 5,39Q^3 - 502,87Q^2 + 25.167Q + 258.154$ ( $R^2 = 0,9998$ )



MONTGOMERY WATSON



## COMPOSIÇÃO UNITÁRIA DE CUSTO

---



MONTGOMERY WATSON



## SEÇÃO EM ATERRO

---



MONTGOMERY WATSON



ESTIMATIVA DE CUSTO - 1,0 Km DE CANAL					
SEÇÃO EM ATERRO					
				VAZÃO ( m3/seg.)	2,50
ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	PREÇO ( R\$ )	
				Unit.	Total
1	Locação e nivelamento do eixo do canal - estaqueamento de 20m com seções	Km	1,00	700,00	700,00
2	Desmatamento e destocamento de árvores ( 0,15<D<=0,30)	hectare	7,12	800,00	5.698,16
3	Desapropriação da faixa de domínio do canal	m <sup>2</sup>	7,12	100,00	712,27
4	Expurgo da camada vegetal e=30cm	m <sup>3</sup>	6.368,12	1,50	9.552,17
5	Compactação de aterro a 95% do proctor normal, inclusive homogeneização, umedecimento e espalhamento.	m <sup>3</sup>	40.708,16	1,40	56.991,42
6	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m.	m <sup>3</sup>	21.168,24	1,52	32.175,73
7	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m <sup>3</sup>	31.752,36	2,67	84.778,81
8	Regularização de taludes	m <sup>2</sup>	6.456,56	1,99	12.848,56
9	Revestimento com geomembrana de polietileno texturizada e=1,0mm	m <sup>2</sup>	6.456,56	7,50	48.424,21
10	Revestimento com concreto simples consumo de 250Kg/m <sup>3</sup> e=5,0cm	m <sup>2</sup>	6.456,56	8,50	54.880,77
11	Proteção de talude com cobertura vegetal	m <sup>2</sup>	9.283,14	2,53	23.486,35
12	Cerca com estaca de concreto de 2,20m com 10 fios	m	2.000,00	12,50	25.000,00
13	Estrada revestida de piçarra com pista de rolamento de 6,0m de largura com material transp. de uma dist. de 1,30 Km.	Km	1,00	12.500,00	12.500,00
14	Diversos (acrécimo de 15% )				55.162,27
<b>TOTAL</b>					<b>422.910,72</b>



MONTGOMERY WATSON



ESTIMATIVA DE CUSTO - 1,0 Km DE CANAL					
SEÇÃO EM ATERRO					
VAZÃO ( m3/seg.)					
5,00					
ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	PREÇO ( R\$ )	
				Unit.	Total
1	Locação e nivelamento do eixo do canal - estaqueamento de 20m com seções	Km	1,00	700,00	700,00
2	Desmatamento e destocamento de árvores ( 0,15<D<=0,30)	hectare	7,37	800,00	5.898,28
3	Desapropriação da faixa de domínio do canal	m <sup>2</sup>	7,37	100,00	737,29
4	Expurgo da camada vegetal e=30cm	m <sup>3</sup>	7.118,56	1,50	10.677,84
5	Compactação de aterro a 95% do proctor normal, inclusive homogeneização, umedecimento e espalhamento.	m <sup>3</sup>	50.468,10	1,40	70.655,33
6	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m.	m <sup>3</sup>	26.243,41	1,52	39.889,98
7	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m <sup>3</sup>	39.365,11	2,67	105.104,86
8	Regularização de taludes	m <sup>2</sup>	8.052,04	1,99	16.023,57
9	Revestimento com geomembrana de polietileno texturizada e=1,0mm	m <sup>2</sup>	8.052,04	7,50	60.390,33
10	Revestimento com concreto simples consumo de 250Kg/m <sup>3</sup> e=5,0cm	m <sup>2</sup>	8.052,04	8,50	68.442,37
11	Proteção de talude com cobertura vegetal	m <sup>2</sup>	10.647,39	2,53	26.937,91
12	Cerca com estaca de concreto de 2,20m com 10 fios	m	2.000,00	12,50	25.000,00
13	Estrada revestida de piçarra com pista de rolamento de 6,0m de largura com material transp. de uma dist. de 1,30 Km.	Km	1,00	12.500,00	12.500,00
14	Diversos (acrécimo de 15% )				66.443,66
	<b>TOTAL</b>				<b>509.401,41</b>



MONTGOMERY WATSON



ESTIMATIVA DE CUSTO - 1,0 Km DE CANAL SEÇÃO EM ATERRO		VAZÃO ( m3/seg.)		10,00	
ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	PREÇO ( R\$ )	
				Unit.	Total
1	Locação e nivelamento do eixo do canal - estaqueamento de 20m com seções	Km	1,00	700,00	700,00
2	Desmatamento e destocamento de árvores ( 0,15<D<=0,30)	hectare	7,76	800,00	6.205,80
3	Desapropriação da faixa de domínio do canal	m <sup>2</sup>	7,76	100,00	775,73
4	Expurgo da camada vegetal e=30cm	m <sup>3</sup>	8.271,77	1,50	12.407,65
5	Compactação de aterro a 95% do proctor normal, inclusive homogeneização, umedecimento e espalhamento.	m <sup>3</sup>	67.360,75	1,40	94.305,05
6	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m.	m <sup>3</sup>	35.027,59	1,52	53.241,94
7	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m <sup>3</sup>	52.541,39	2,67	140.285,51
8	Regularização de taludes	m <sup>2</sup>	10.481,68	1,99	20.858,55
9	Revestimento com geomembrana de polietileno texturizada e=1,0mm	m <sup>2</sup>	10.481,68	7,50	78.612,62
10	Revestimento com concreto simples consumo de 250Kg/m <sup>3</sup> e=5,0cm	m <sup>2</sup>	10.481,68	8,50	89.094,30
11	Proteção de talude com cobertura vegetal	m <sup>2</sup>	12.777,17	2,53	32.326,23
12	Cerca com estaca de concreto de 2,20m com 10 fios	m	2.000,00	12,50	25.000,00
13	Estrada revestida de piçarra com pista de rolamento de 6,0m de largura com material transp. de uma dist. de 1,30 Km.	Km	1,00	12.500,00	12.500,00
14	Diversos (acrécimo de 15% )				84.947,01
	<b>TOTAL</b>				<b>651.260,38</b>



MONTGOMERY WATSON



ESTIMATIVA DE CUSTO - 1,0 Km DE CANAL					
SEÇÃO EM ATERRO					
VAZÃO ( m3/seg.)					
15,00					
ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	PREÇO ( R\$ )	
				Unit.	Total
1	Locação e nivelamento do eixo do canal - estaqueamento de 20m com seções	Km	1,00	700,00	700,00
2	Desmatamento e destocamento de árvores ( 0,15<D<=0,30)	hectare	8,02	800,00	6.416,00
3	Desapropriação da faixa de domínio do canal	m <sup>2</sup>	8,02	100,00	802,00
4	Expurgo da camada vegetal e=30cm	m <sup>3</sup>	9.059,98	1,50	13.589,97
5	Compactação de aterro a 95% do proctor normal, inclusive homogeneização, umedecimento e espalhamento.	m <sup>3</sup>	80.066,76	1,40	112.093,47
6	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m.	m <sup>3</sup>	41.634,72	1,52	63.284,77
7	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m <sup>3</sup>	62.452,07	2,67	166.747,04
8	Regularização de taludes	m <sup>2</sup>	12.146,40	1,99	24.171,34
9	Revestimento com geomembrana de polietileno texturizada e=1,0mm	m <sup>2</sup>	12.146,40	7,50	91.098,00
10	Revestimento com concreto simples consumo de 250Kg/m <sup>3</sup> e=5,0cm	m <sup>2</sup>	12.146,40	8,50	103.244,40
11	Proteção de talude com cobertura vegetal	m <sup>2</sup>	14.226,75	2,53	35.993,67
12	Cerca com estaca de concreto de 2,20m com 10 fios	m	2.000,00	12,50	25.000,00
13	Estrada revestida de piçarra com pista de rolamento de 6,0m de largura com material transp. de uma dist. de 1,30 Km.	Km	1,00	12.500,00	12.500,00
14	Diversos (acrécimo de 15% )				98.346,10
	<b>TOTAL</b>				<b>753.986,75</b>



MONTGOMERY WATSON



ESTIMATIVA DE CUSTO - 1,0 Km DE CANAL					
SEÇÃO EM ATERRO					
VAZÃO ( m3/seg.)					
20,00					
ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	PREÇO ( R\$ )	
				Unit.	Total
1	Locação e nivelamento do eixo do canal - estaqueamento de 20m com seções	Km	1,00	700,00	700,00
2	Desmatamento e destocamento de árvores ( 0,15<D<=0,30)	hectare	8,24	800,00	6.590,36
3	Desapropriação da faixa de domínio do canal	m <sup>2</sup>	8,24	100,00	823,80
4	Expurgo da camada vegetal e=30cm	m <sup>3</sup>	9.713,86	1,50	14.570,79
5	Compactação de aterro a 95% do proctor normal, inclusive homogeneização, umedecimento e espalhamento.	m <sup>3</sup>	91.365,48	1,40	127.911,68
6	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m.	m <sup>3</sup>	47.510,05	1,52	72.215,28
7	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m <sup>3</sup>	71.265,08	2,67	190.277,76
8	Regularização de taludes	m <sup>2</sup>	13.525,51	1,99	26.915,76
9	Revestimento com geomembrana de polietileno texturizada e=1,0mm	m <sup>2</sup>	13.525,51	7,50	101.441,31
10	Revestimento com concreto simples consumo de 250Kg/m <sup>3</sup> e=5,0cm	m <sup>2</sup>	13.525,51	8,50	114.966,81
11	Proteção de talude com cobertura vegetal	m <sup>2</sup>	15.432,11	2,53	39.043,24
12	Cerca com estaca de concreto de 2,20m com 10 fios	m	2.000,00	12,50	25.000,00
13	Estrada revestida de piçarra com pista de rolamento de 6,0m de largura com material transp. de uma dist. de 1,30 Km.	Km	1,00	12.500,00	12.500,00
14	Diversos (acrécimo de 15% )				109.943,52
	<b>TOTAL</b>				<b>842.900,30</b>





MONTGOMERY WATSON



ESTIMATIVA DE CUSTO - 1,0 Km DE CANAL SEÇÃO EM ATERRO		VAZÃO ( m3/seg.)		25,00	
ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	PREÇO ( R\$ )	
				Unit.	Total
1	Locação e nivelamento do eixo do canal - estaqueamento de 20m com seções	Km	1,00	700,00	700,00
2	Desmatamento e destocamento de árvores ( 0,15<D<=0,30)	hectare	8,43	800,00	6.742,70
3	Desapropriação da faixa de domínio do canal	m <sup>2</sup>	8,43	100,00	842,84
4	Expurgo da camada vegetal e=30cm	m <sup>3</sup>	10.285,11	1,50	15.427,66
5	Compactação de aterro a 95% do proctor normal, inclusive homogeneização, umedecimento e espalhamento.	m <sup>3</sup>	101.802,77	1,40	142.523,87
6	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m.	m <sup>3</sup>	52.937,44	1,52	80.464,91
7	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m <sup>3</sup>	79.406,16	2,67	212.014,44
8	Regularização de taludes	m <sup>2</sup>	14.728,94	1,99	29.310,59
9	Revestimento com geomembrana de polietileno texturizada e=1,0mm	m <sup>2</sup>	14.728,94	7,50	110.467,06
10	Revestimento com concreto simples consumo de 250Kg/m <sup>3</sup> e=5,0cm	m <sup>2</sup>	14.728,94	8,50	125.196,00
11	Proteção de talude com cobertura vegetal	m <sup>2</sup>	16.487,26	2,53	41.712,77
12	Cerca com estaca de concreto de 2,20m com 10 fios	m	2.000,00	12,50	25.000,00
13	Estrada revestida de piçarra com pista de rolamento de 6,0m de largura com material transp. de uma dist. de 1,30 Km.	Km	1,00	12.500,00	12.500,00
14	Diversos (acrécimo de 15% )				120.435,42
<b>TOTAL</b>					<b>923.338,24</b>



MONTGOMERY WATSON



ESTIMATIVA DE CUSTO - 1,0 Km DE CANAL SEÇÃO EM ATERRO		VAZÃO ( m3/seg.)		30,00	
ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	PREÇO ( R\$ )	
				Unit.	Total
1	Locação e nivelamento do eixo do canal - estaqueamento de 20m com seções	Km	1,00	700,00	700,00
2	Desmatamento e destocamento de árvores ( 0,15<D<=0,30)	hectare	8,60	800,00	6.879,82
3	Desapropriação da faixa de domínio do canal	m <sup>2</sup>	8,60	100,00	859,98
4	Expurgo da camada vegetal e=30cm	m <sup>3</sup>	10.799,33	1,50	16.199,00
5	Compactação de aterro a 95% do proctor normal, inclusive homogeneização, umedecimento e espalhamento.	m <sup>3</sup>	111.652,26	1,40	156.313,16
6	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m.	m <sup>3</sup>	58.059,18	1,52	88.249,95
7	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m <sup>3</sup>	87.088,76	2,67	232.527,00
8	Regularização de taludes	m <sup>2</sup>	15.811,14	1,99	31.464,18
9	Revestimento com geomembrana de polietileno texturizada e=1,0mm	m <sup>2</sup>	15.811,14	7,50	118.583,58
10	Revestimento com concreto simples consumo de 250Kg/m <sup>3</sup> e=5,0cm	m <sup>2</sup>	15.811,14	8,50	134.394,72
11	Proteção de talude com cobertura vegetal	m <sup>2</sup>	17.438,75	2,53	44.120,03
12	Cerca com estaca de concreto de 2,20m com 10 fios	m	2.000,00	12,50	25.000,00
13	Estrada revestida de piçarra com pista de rolamento de 6,0m de largura com material transp. de uma dist. de 1,30 Km.	Km	1,00	12.500,00	12.500,00
14	Diversos (acrécimo de 15% )				130.168,71
	<b>TOTAL</b>				<b>997.960,12</b>



MONTGOMERY WATSON



ESTIMATIVA DE CUSTO - 1,0 Km DE CANAL SEÇÃO EM ATERRO		VAZÃO ( m3/seg.)		35,00	
ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	PREÇO ( R\$ )	
				Unit.	Total
1	Locação e nivelamento do eixo do canal - estaqueamento de 20m com seções	Km	1,00	700,00	700,00
2	Desmatamento e destocamento de árvores ( 0,15<D<=0,30)	hectare	8,76	800,00	7.005,69
3	Desapropriação da faixa de domínio do canal	m <sup>2</sup>	8,76	100,00	875,71
4	Expurgo da camada vegetal e=30cm	m <sup>3</sup>	11.271,35	1,50	16.907,02
5	Compactação de aterro a 95% do proctor normal, inclusive homogeneização, umedecimento e espalhamento.	m <sup>3</sup>	121.073,58	1,40	169.503,02
6	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m.	m <sup>3</sup>	62.958,26	1,52	95.696,56
7	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m <sup>3</sup>	94.437,39	2,67	252.147,84
8	Regularização de taludes	m <sup>2</sup>	16.803,60	1,99	33.439,17
9	Revestimento com geomembrana de polietileno texturizada e=1,0mm	m <sup>2</sup>	16.803,60	7,50	126.027,01
10	Revestimento com concreto simples consumo de 250Kg/m <sup>3</sup> e=5,0cm	m <sup>2</sup>	16.803,60	8,50	142.830,62
11	Proteção de talude com cobertura vegetal	m <sup>2</sup>	18.313,50	2,53	46.333,15
12	Cerca com estaca de concreto de 2,20m com 10 fios	m	2.000,00	12,50	25.000,00
13	Estrada revestida de piçarra com pista de rolamento de 6,0m de largura com material transp. de uma dist. de 1,30 Km.	Km	1,00	12.500,00	12.500,00
14	Diversos (acrécimo de 15% )				139.344,87
	<b>TOTAL</b>				<b>1.068.310,66</b>



MONTGOMERY WATSON



ESTIMATIVA DE CUSTO - 1,0 Km DE CANAL SEÇÃO EM ATERRO		VAZÃO ( m3/seg.)		40,00	
ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	PREÇO ( R\$ )	
				Unit.	Total
1	Locação e nivelamento do eixo do canal - estaqueamento de 20m com seções	Km	1,00	700,00	700,00
2	Desmatamento e destocamento de árvores ( 0,15<D<=0,30)	hectare	8,90	800,00	7.122,82
3	Desapropriação da faixa de domínio do canal	m <sup>2</sup>	8,90	100,00	890,35
4	Expurgo da camada vegetal e=30cm	m <sup>3</sup>	11.710,59	1,50	17.565,89
5	Compactação de aterro a 95% do proctor normal, inclusive homogeneização, umedecimento e espalhamento.	m <sup>3</sup>	130.169,09	1,40	182.236,73
6	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m.	m <sup>3</sup>	67.687,93	1,52	102.885,65
7	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m <sup>3</sup>	101.531,89	2,67	271.090,15
8	Regularização de taludes	m <sup>2</sup>	17.726,39	1,99	35.275,51
9	Revestimento com geomembrana de polietileno texturizada e=1,0mm	m <sup>2</sup>	17.726,39	7,50	132.947,91
10	Revestimento com concreto simples consumo de 250Kg/m <sup>3</sup> e=5,0cm	m <sup>2</sup>	17.726,39	8,50	150.674,30
11	Proteção de talude com cobertura vegetal	m <sup>2</sup>	19.128,68	2,53	48.395,55
12	Cerca com estaca de concreto de 2,20m com 10 fios	m	2.000,00	12,50	25.000,00
13	Estrada revestida de piçarra com pista de rolamento de 6,0m de largura com material transp. de uma dist. de 1,30 Km.	Km	1,00	12.500,00	12.500,00
14	Diversos (acrécimo de 15% )				148.092,73
	<b>TOTAL</b>				<b>1.135.377,60</b>



MONTGOMERY WATSON



**SEÇÃO EM CORTE**

---



MONTGOMERY WATSON



ESTIMATIVA DE CUSTO - 1,0 Km DE CANAL				VAZÃO ( m <sup>3</sup> /seg.)	
SEÇÃO EM CORTE				2,50	
ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	PREÇO ( R\$ )	
				Unit.	Total
1	Locação e nivelamento do eixo do canal - estaqueamento de 20m com seções	Km	1,00	700,00	700,00
2	Desmatamento e destocamento de árvores ( 0,15<D<=0,30)	hectare	6,65	800,00	5.320,24
3	Desapropriação da faixa de domínio do canal	m <sup>2</sup>	6,65	100,00	665,03
6	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m.	m <sup>3</sup>	9.974,53	1,52	15.161,29
7	Escavação, carga e transporte de material de 2a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m <sup>3</sup>	5.984,72	3,54	21.185,91
7	Escavação, carga e transporte de material de 3a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m <sup>3</sup>	3.989,81	17,20	68.624,80
8	Regularização de taludes	m <sup>2</sup>	6.456,56	1,99	12.848,56
9	Revestimento com geomembrana de polietileno texturizada e=1,0mm	m <sup>2</sup>	6.456,56	7,50	48.424,21
10	Revestimento com concreto simples consumo de 250Kg/m <sup>3</sup> e=5,0cm	m <sup>2</sup>	6.456,56	8,50	54.880,77
11	Proteção de talude com cobertura vegetal	m <sup>2</sup>	3.605,55	2,53	9.122,04
12	Cerca com estaca de concreto de 2,20m com 10 fios	m	2.000,00	12,50	25.000,00
13	Estrada revestida de piçarra com pista de rolamento de 6,0m de largura com material transp. de uma dist. de 1,30 Km.	Km	1,00	12.500,00	12.500,00
14	Diversos (acrécimo de 15% )				41.164,93
	<b>TOTAL</b>				<b>315.597,79</b>



MONTGOMERY WATSON



ESTIMATIVA DE CUSTO - 1,0 Km DE CANAL					
SEÇÃO EM CORTE					
				VAZÃO ( m <sup>3</sup> /seg.)	5,00
ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	PREÇO ( R\$ )	
				Unit.	Total
1	Locação e nivelamento do eixo do canal - estaqueamento de 20m com seções	Km	1,00	700,00	700,00
2	Desmatamento e destocamento de árvores ( 0,15<D<=0,30)	hectare	6,79	800,00	5.429,55
3	Desapropriação da faixa de domínio do canal	m <sup>2</sup>	6,79	100,00	678,69
6	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m.	m <sup>3</sup>	12.031,99	1,52	18.288,63
7	Escavação, carga e transporte de material de 2a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m <sup>3</sup>	7.219,20	3,54	25.555,95
7	Escavação, carga e transporte de material de 3a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m <sup>3</sup>	4.812,80	17,20	82.780,11
8	Regularização de taludes	m <sup>2</sup>	8.052,04	1,99	16.023,57
9	Revestimento com geomembrana de polietileno texturizada e=1,0mm	m <sup>2</sup>	8.052,04	7,50	60.390,33
10	Revestimento com concreto simples consumo de 250Kg/m <sup>3</sup> e=5,0cm	m <sup>2</sup>	8.052,04	8,50	68.442,37
11	Proteção de talude com cobertura vegetal	m <sup>2</sup>	3.605,55	2,53	9.122,04
12	Cerca com estaca de concreto de 2,20m com 10 fios	m	2.000,00	12,50	25.000,00
13	Estrada revestida de piçarra com pista de rolamento de 6,0m de largura com material transp. de uma dist. de 1,30 Km.	Km	1,00	12.500,00	12.500,00
14	Diversos (acréscimo de 15% )				48.736,69
	<b>TOTAL</b>				<b>373.647,93</b>



MONTGOMERY WATSON



ESTIMATIVA DE CUSTO - 1,0 Km DE CANAL					
SEÇÃO EM CORTE					
				VAZÃO ( m³/seg.)	10,00
ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	PREÇO ( R\$ )	
				Unit.	Total
1	Locação e nivelamento do eixo do canal - estaqueamento de 20m com seções	Km	1,00	700,00	700,00
2	Desmatamento e destocamento de árvores ( 0,15<D<=0,30)	hectare	6,99	800,00	5.595,31
3	Desapropriação da faixa de domínio do canal	m²	6,99	100,00	699,41
6	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m.	m³	15.739,89	1,52	23.924,63
7	Escavação, carga e transporte de material de 2a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m³	9.443,93	3,54	33.431,52
7	Escavação, carga e transporte de material de 3a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m³	6.295,96	17,20	108.290,44
8	Regularização de taludes	m²	10.481,68	1,99	20.858,55
9	Revestimento com geomembrana de polietileno texturizada e=1,0mm	m²	10.481,68	7,50	78.612,62
10	Revestimento com concreto simples consumo de 250Kg/m³ e=5,0cm	m²	10.481,68	8,50	89.094,30
11	Proteção de talude com cobertura vegetal	m²	3.605,55	2,53	9.122,04
12	Cerca com estaca de concreto de 2,20m com 10 fios	m	2.000,00	12,50	25.000,00
13	Estrada revestida de piçarra com pista de rolamento de 6,0m de largura com material transp. de uma dist. de 1,30 Km.	Km	1,00	12.500,00	12.500,00
14	Diversos (acréscimo de 15% )				61.174,32
	<b>TOTAL</b>				<b>469.003,14</b>





MONTGOMERY WATSON



ESTIMATIVA DE CUSTO - 1,0 Km DE CANAL					
SEÇÃO EM CORTE					
				VAZÃO ( m³/seg.)	15,00
ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	PREÇO ( R\$ )	
				Unit.	Total
1	Locação e nivelamento do eixo do canal - estaqueamento de 20m com seções	Km	1,00	700,00	700,00
2	Desmatamento e destocamento de árvores ( 0,15<D<=0,30)	hectare	7,14	800,00	5.709,01
3	Desapropriação da faixa de domínio do canal	m²	7,14	100,00	713,63
6	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m.	m³	18.686,01	1,52	28.402,74
7	Escavação, carga e transporte de material de 2a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m³	11.211,61	3,54	39.689,09
7	Escavação, carga e transporte de material de 3a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m³	7.474,40	17,20	128.559,75
8	Regularização de taludes	m²	12.146,40	1,99	24.171,34
9	Revestimento com geomembrana de polietileno texturizada e=1,0mm	m²	12.146,40	7,50	91.098,00
10	Revestimento com concreto simples consumo de 250Kg/m³ e=5,0cm	m²	12.146,40	8,50	103.244,40
11	Proteção de talude com cobertura vegetal	m²	3.605,55	2,53	9.122,04
12	Cerca com estaca de concreto de 2,20m com 10 fios	m	2.000,00	12,50	25.000,00
13	Estrada revestida de piçarra com pista de rolamento de 6,0m de largura com material transp. de uma dist. de 1,30 Km.	Km	1,00	12.500,00	12.500,00
14	Diversos (acrécimo de 15% )				70.336,50
	<b>TOTAL</b>				<b>539.246,49</b>



MONTGOMERY WATSON



ESTIMATIVA DE CUSTO - 1,0 Km DE CANAL					
SEÇÃO EM CORTE					
				VAZÃO ( m³/seg.)	20,00
ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	PREÇO ( R\$ )	
				Unit.	Total
1	Locação e nivelamento do eixo do canal - estaqueamento de 20m com seções	Km	1,00	700,00	700,00
2	Desmatamento e destocamento de árvores ( 0,15<D<=0,30)	hectare	7,25	800,00	5.803,14
3	Desapropriação da faixa de domínio do canal	m²	7,25	100,00	725,39
6	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m.	m³	21.375,26	1,52	32.490,39
7	Escavação, carga e transporte de material de 2a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m³	12.825,15	3,54	45.401,05
7	Escavação, carga e transporte de material de 3a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m³	8.550,10	17,20	147.061,77
8	Regularização de taludes	m²	13.525,51	1,99	26.915,76
9	Revestimento com geomembrana de polietileno texturizada e=1,0mm	m²	13.525,51	7,50	101.441,31
10	Revestimento com concreto simples consumo de 250Kg/m³ e=5,0cm	m²	13.525,51	8,50	114.966,81
11	Proteção de talude com cobertura vegetal	m²	3.605,55	2,53	9.122,04
12	Cerca com estaca de concreto de 2,20m com 10 fios	m	2.000,00	12,50	25.000,00
13	Estrada revestida de piçarra com pista de rolamento de 6,0m de largura com material transp. de uma dist. de 1,30 Km.	Km	1,00	12.500,00	12.500,00
14	Diversos (acrécimo de 15% )				78.319,15
	<b>TOTAL</b>				<b>600.446,81</b>



MONTGOMERY WATSON



ESTIMATIVA DE CUSTO - 1,0 Km DE CANAL					
SEÇÃO EM CORTE					
				VAZÃO ( m³/seg.)	25,00
ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	PREÇO ( R\$ )	
				Unit.	Total
1	Locação e nivelamento do eixo do canal - estaqueamento de 20m com seções	Km	1,00	700,00	700,00
2	Desmatamento e destocamento de árvores ( 0,15<D<=0,30)	hectare	7,36	800,00	5.885,24
3	Desapropriação da faixa de domínio do canal	m²	7,36	100,00	735,65
6	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m.	m³	23.905,94	1,52	36.337,03
7	Escavação, carga e transporte de material de 2a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m³	14.343,57	3,54	50.776,23
7	Escavação, carga e transporte de material de 3a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m³	9.562,38	17,20	164.472,90
8	Regularização de taludes	m²	14.728,94	1,99	29.310,59
9	Revestimento com geomembrana de polietileno texturizada e=1,0mm	m²	14.728,94	7,50	110.467,06
10	Revestimento com concreto simples consumo de 250Kg/m³ e=5,0cm	m²	14.728,94	8,50	125.196,00
11	Proteção de talude com cobertura vegetal	m²	3.605,55	2,53	9.122,04
12	Cerca com estaca de concreto de 2,20m com 10 fios	m	2.000,00	12,50	25.000,00
13	Estrada revestida de piçarra com pista de rolamento de 6,0m de largura com material transp. de uma dist. de 1,30 Km.	Km	1,00	12.500,00	12.500,00
14	Diversos (acrécimo de 15% )				85.575,41
	<b>TOTAL</b>				<b>656.078,15</b>



MONTGOMERY WATSON



ESTIMATIVA DE CUSTO - 1,0 Km DE CANAL					
SEÇÃO EM CORTE					
				VAZÃO ( m³/seg.)	30,00
ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	PREÇO ( R\$ )	
				Unit.	Total
1	Locação e nivelamento do eixo do canal - estaqueamento de 20m com seções	Km	1,00	700,00	700,00
2	Desmatamento e destocamento de árvores ( 0,15<D<=0,30)	hectare	7,45	800,00	5.959,03
3	Desapropriação da faixa de domínio do canal	m²	7,45	100,00	744,88
6	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m.	m³	26.328,11	1,52	40.018,73
7	Escavação, carga e transporte de material de 2a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m³	15.796,87	3,54	55.920,91
7	Escavação, carga e transporte de material de 3a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m³	10.531,24	17,20	181.137,40
8	Regularização de taludes	m²	15.811,14	1,99	31.464,18
9	Revestimento com geomembrana de polietileno texturizada e=1,0mm	m²	15.811,14	7,50	118.583,58
10	Revestimento com concreto simples consumo de 250Kg/m³ e=5,0cm	m²	15.811,14	8,50	134.394,72
11	Proteção de talude com cobertura vegetal	m²	3.605,55	2,53	9.122,04
12	Cerca com estaca de concreto de 2,20m com 10 fios	m	2.000,00	12,50	25.000,00
13	Estrada revestida de piçarra com pista de rolamento de 6,0m de largura com material transp. de uma dist. de 1,30 Km.	Km	1,00	12.500,00	12.500,00
14	Diversos (acrécimo de 15% )				92.331,82
	<b>TOTAL</b>				<b>707.877,27</b>



MONTGOMERY WATSON



ESTIMATIVA DE CUSTO - 1,0 Km DE CANAL					
SEÇÃO EM CORTE					
				VAZÃO ( m³/seg.)	35,00
ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	PREÇO ( R\$ )	
				Unit.	Total
1	Locação e nivelamento do eixo do canal - estaqueamento de 20m com seções	Km	1,00	700,00	700,00
2	Desmatamento e destocamento de árvores ( 0,15<D<=0,30)	hectare	7,53	800,00	6.026,67
3	Desapropriação da faixa de domínio do canal	m²	7,53	100,00	753,33
6	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m.	m³	28.671,27	1,52	43.580,33
7	Escavação, carga e transporte de material de 2a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m³	17.202,76	3,54	60.897,77
7	Escavação, carga e transporte de material de 3a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m³	11.468,51	17,20	197.258,32
8	Regularização de taludes	m²	16.803,60	1,99	33.439,17
9	Revestimento com geomembrana de polietileno texturizada e=1,0mm	m²	16.803,60	7,50	126.027,01
10	Revestimento com concreto simples consumo de 250Kg/m³ e=5,0cm	m²	16.803,60	8,50	142.830,62
11	Proteção de talude com cobertura vegetal	m²	3.605,55	2,53	9.122,04
12	Cerca com estaca de concreto de 2,20m com 10 fios	m	2.000,00	12,50	25.000,00
13	Estrada revestida de piçarra com pista de rolamento de 6,0m de largura com material transp. de uma dist. de 1,30 Km.	Km	1,00	12.500,00	12.500,00
14	Diversos (acrécimo de 15% )				98.720,29
	<b>TOTAL</b>				<b>756.855,56</b>



MONTGOMERY WATSON



ESTIMATIVA DE CUSTO - 1,0 Km DE CANAL					
SEÇÃO EM CORTE					
				VAZÃO ( m³/seg.)	40,00
ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	UD	QUANT.	PREÇO ( R\$ )	
				Unit.	Total
1	Locação e nivelamento do eixo do canal - estaqueamento de 20m com seções	Km	1,00	700,00	700,00
2	Desmatamento e destocamento de árvores ( 0,15<D<=0,30)	hectare	7,61	800,00	6.089,54
3	Desapropriação da faixa de domínio do canal	m²	7,61	100,00	761,19
6	Escavação, carga e transporte de material de 1a. Categoria DMT<=300m.	m³	30.954,51	1,52	47.050,85
7	Escavação, carga e transporte de material de 2a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m³	18.572,70	3,54	65.747,37
7	Escavação, carga e transporte de material de 3a. Categoria 800<DMT<=1000m.	m³	12.381,80	17,20	212.967,01
8	Regularização de taludes	m²	17.726,39	1,99	35.275,51
9	Revestimento com geomembrana de polietileno texturizada e=1,0mm	m²	17.726,39	7,50	132.947,91
10	Revestimento com concreto simples consumo de 250Kg/m³ e=5,0cm	m²	17.726,39	8,50	150.674,30
11	Proteção de talude com cobertura vegetal	m²	3.605,55	2,53	9.122,04
12	Cerca com estaca de concreto de 2,20m com 10 fios	m	2.000,00	12,50	25.000,00
13	Estrada revestida de piçarra com pista de rolamento de 6,0m de largura com material transp. de uma dist. de 1,30 Km.	Km	1,00	12.500,00	12.500,00
14	Diversos (acrécimo de 15% )				104.825,36
	<b>TOTAL</b>				<b>803.661,09</b>



MONTGOMERY WATSON



**ANEXO B – DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA NAS BACIAS  
DO ACARAÚ, COREAÚ E POTI**

---

## **1. INSTALAÇÕES EXISTENTES E USO DE ENERGIA ELÉTRICA NO ESTADO DO CEARÁ**

### **1.1. SISTEMA ELÉTRICO DE TRANSMISSÃO (CHESF) E SISTEMA ELÉTRICO DE SUBTRANSMISSÃO (COELCE)**

O Mapa 1 identifica o sistema de 69 KV da COELCE, com seus respectivos pontos de suprimento de energia.

Nota: A COELCE e a CHESF não possuem em seus sistemas a classe de tensão 138 kV.

### **1.2. SISTEMA ELÉTRICO PRIMÁRIO DE DISTRIBUIÇÃO COM SUAS RESPECTIVAS SUBESTAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO, NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO PROJETO**

O Mapa 2 identifica a localização das subestações de Distribuição de TIANGUÁ, NOVAS RUSSAS, INHUÇU E IBIAPABA, com suas respectivas áreas de abrangência do projeto, dos alimentadores primários de distribuição em 13,8 KV.

### **1.3. USINAS DE ENERGIA ELÉTRICA**

Próximo à área de abrangência do projeto existe uma pequena central hidrelétrica, de propriedade da CHESF, de 5,0 MW de potência.

A usina encontra-se, no momento, desativada, face aos altos custos de manutenção e operação. Trata-se de uma usina obsoleta e de baixo rendimento e quando operava, a CHESF usava apenas no horário de ponta.

É a única usina hidrelétrica no Estado do Ceará. (ver Mapa 3)

### **1.4. CENTROS DE CARGA ELÉTRICA DA BACIA**

O Mapa 3 identifica as subestações de distribuição, supridoras de energia elétrica às regiões onde estão previstas as bacias, bem como o restante de SE'S do Estado do Ceará, com suas respectivas potências.

As subestações abaixo relacionadas são as responsáveis pelo suprimento de energia elétrica nas áreas de abrangência do projeto:

- IBIAPINA
- NOVA RUSSAS
- INHUÇU



## – TIANGUÁ

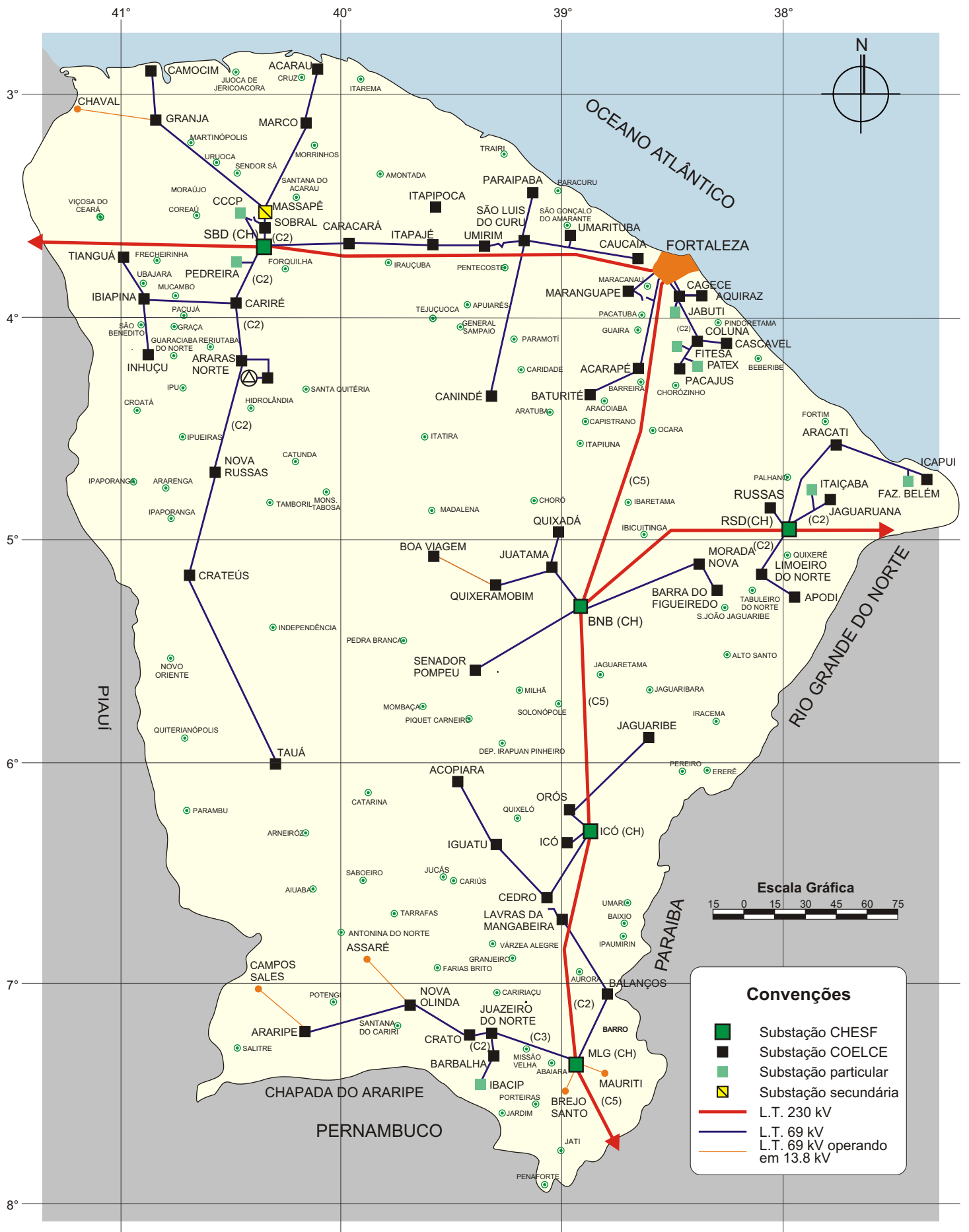
A média da quantidade anual de energia, em MWH, requerida em 1999 é:

LOCALIDADES	DEMANDA MAX. ANUAL MW	ENERGIA (MWH/ano)
IBIAPINA	7,1	21.768,6
NOVA RUSSAS	7,1	21.768,6
INHUÇU	8,5	26.061,0
TIANGUA	7,5	22.995,0

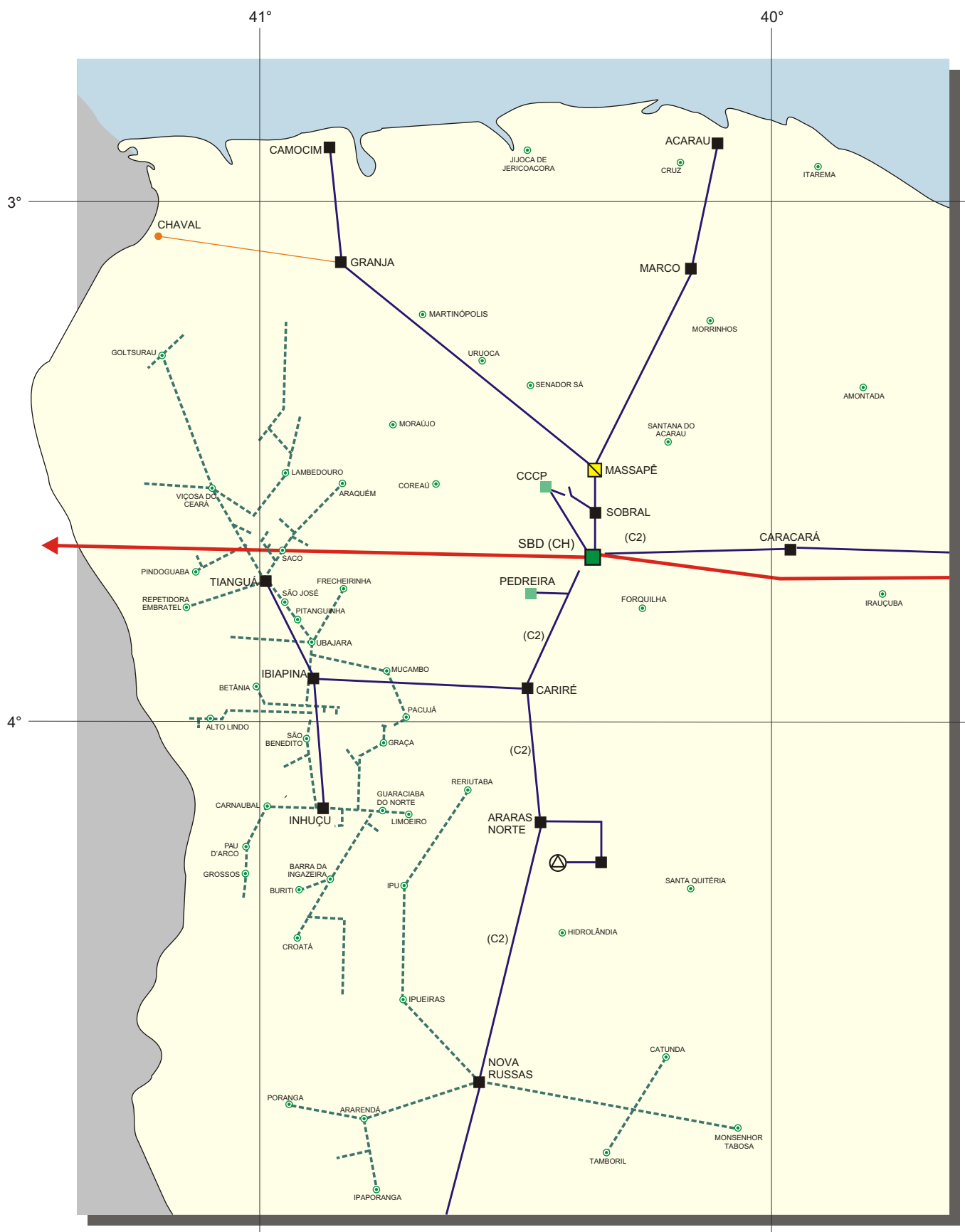
Para se determinar a quantidade de energia anual consumida na área do projeto, consideramos a energia consumida nas subestações de distribuição que suprem as áreas de abrangência do projeto.

Consideramos o fator de carga das subestações em 0,35.

Estes dados foram fornecidos pela COELCE.



Mapa 1 - Sistemas Elétricos do Estado do Ceará



**Mapa 2 - Localização das Subestações de Distribuição de Tianguá, Nova Russas, Inhuçu e Ibiapina com a Área de Abrangência dos Alimentadores Primários de Distribuição de 15.0 Kv**



**Mapa 3 - Localização das SE's de Distribuição com suas Respectivas Potências Instaladas da COELCE, CHESF e Usina de 5MW da CHESF**

## **2. INSTALAÇÕES FUTURAS E USO DA ENERGIA ELÉTRICA – ANO 2000 A 2030**

### **2.1. SISTEMA ELÉTRICO DO ESTADO DO CEARÁ ATÉ O HORIZONTE DE 2008**

O Mapa 4 identifica a localização das subestações e linhas de subtransmissão em 69 KV da COELCE até o horizonte 2008, como também os pontos de suprimento da CHESF com suas futuras linhas de transmissão e subestações em 230 KV.

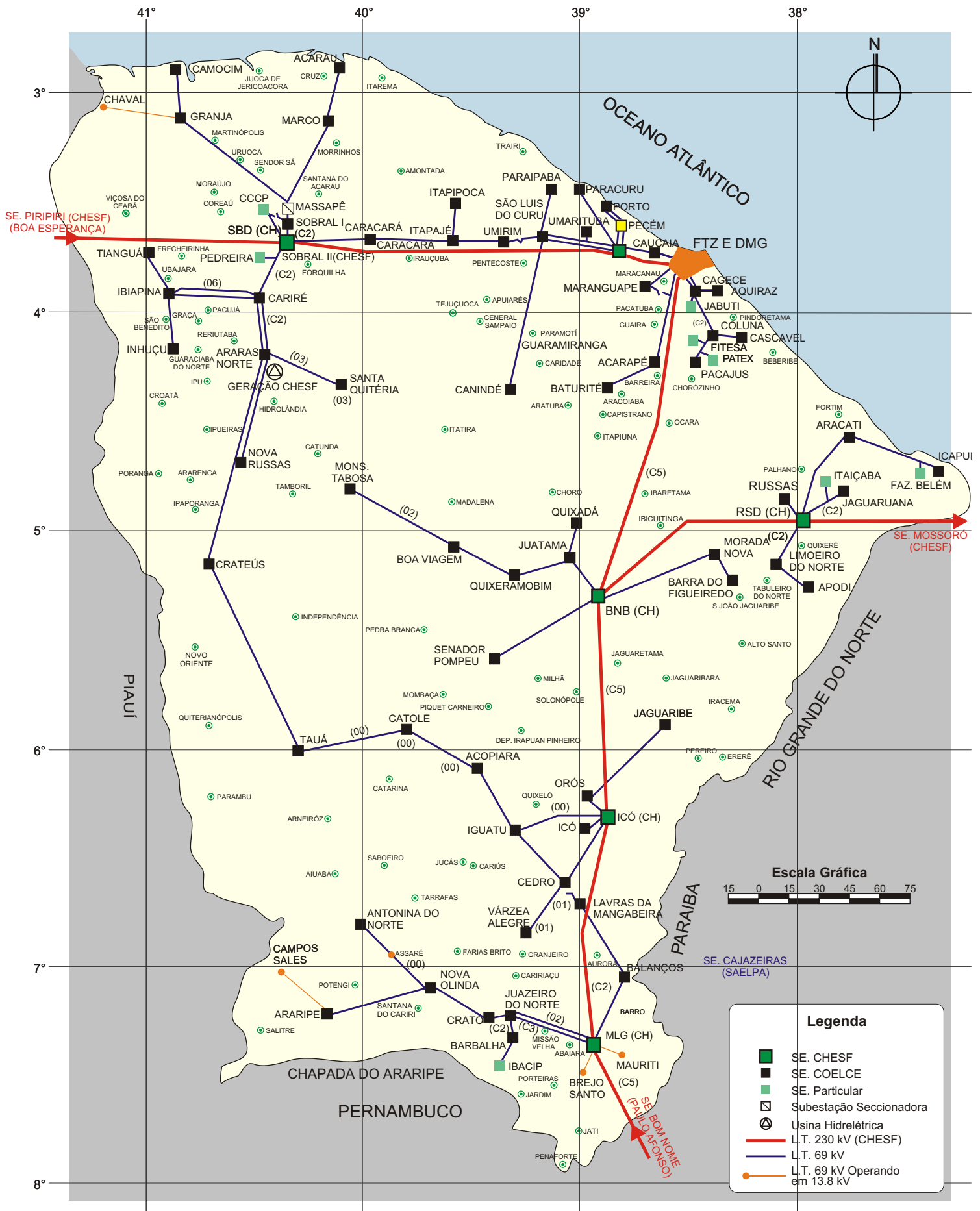
Informamos que a COELCE não trabalha com horizonte além de 2008, portanto, não há condições de fornecer um planejamento até o ano 2030.

Atualmente a COELCE não faz planejamento de médio e longo prazo para o sistema primário de distribuição.

### **2.2. USINAS DE ENERGIA ELÉTRICA**

A COELCE lançou um Edital para construção de três usinas hidrelétricas no Estado do Ceará em 1997, Castanhão 22 MW, Orós 10MW e BANABUIÚ 5 MW.

A empresa vencedora foi a GUASCOR, porém a construção foi embargada pelo DNOCS, alegando que a COELCE não podia licitar estas obras já que não as pertencia. As obras estão embargadas e sob Juíze.



Mapa 4 - Sistema Elétrico do Estado do Ceará até o Horizonte 2008

### 3. PROJEÇÕES DO USO DE ENERGIA ELÉTRICA

As tabelas a seguir mostram as expectativas de consumo de energia elétrica para os três cenários estabelecidos, hipóteses A, B e C, em função do crescimento populacional dos municípios que compõem a área em estudo, para horizonte até o ano de 2030, com início no ano de 1999. Estas projeções de consumo de energia elétrica basearam-se no estudo de mercado da COELCE, levando-se em consideração as demandas de energia previstas para as subestações que atualmente suprem a região do estudo. Estas subestações são: Tianguá, Ibiapina, Inhuçu e Nova Russas.

#### HIPÓTESE A

SUBESTAÇÃO	ENERGIA ( MWh / Ano )					
	1999	2000	2005	2010	2020	2030
TIANGUÁ	22.995,0	24.528,0	32.193,0	46.953,0	76.387,0	124.392,0
IBIAPINA	21.769,0	22.995,0	30.353,0	44.150,0	71.832,0	117.034,0
INHUÇU	26.061,0	27.594,0	36.179,0	55.363,0	99.163,0	177.653,0
NOVA RUSSAS	21.769,0	22.995,0	32.193,0	51.509,0	101.266,0	199.378,0

#### HIPÓTESE B

SUBESTAÇÃO	ENERGIA ( MWh / Ano )					
	1999	2000	2005	2010	2020	2030
TIANGUÁ	22.995,0	24.528,0	32.193,0	46.207,0	64.506,0	90.191,0
IBIAPINA	21.769,0	22.995,0	30.353,0	43.448,0	60.660,0	84.856,0
INHUÇU	26.061,0	27.594,0	36.179,0	54.483,0	83.743,0	128.816,0
NOVA RUSSAS	21.769,0	22.995,0	32.193,0	50.690,0	85.519,0	144.569,0

#### HIPÓTESE C

SUBESTAÇÃO	ENERGIA ( MWh / Ano )					
	1999	2000	2005	2010	2020	2030
TIANGUÁ	22.995,0	24.528,0	32.193,0	49.078,0	82.392,0	138.531,0
IBIAPINA	21.769,0	22.995,0	30.353,0	46.148,0	77.478,0	130.337,0
INHUÇU	26.061,0	27.594,0	36.179,0	57.871,0	106.957,0	197.852,0
NOVA RUSSAS	21.769,0	22.995,0	32.193,0	53.842,0	109.226,0	222.047,0

## 4. CUSTOS

### 4.1. CUSTOS DAS LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO E TRANSMISSÃO

4.1.1. Linhas de Distribuição em 13.8 KV, Rural, Trifásica

**UTILIZANDO O CABO DE BITOLA 4 AWG.CAA**

PREÇO:       US\$ 4.100,00/KM

4.1.2. Linhas de Distribuição em 13.8 KV Rural, Trifásica

**UTILIZANDO O CABO DE BITOLA 1/0 AWG.CAA**

PREÇO:       US\$ 4.790,00/KM

4.1.3. Linhas de Distribuição Rural em 13.8 KV, Trifásica

**UTILIZANDO O CABO DE BITOLA 266,8 MCM-CAA**

PREÇO:       US\$ 8.035,00/Km

4.1.4. Linhas de Distribuição Urbana em 13.8 KV, Trifásica

**UTILIZANDO O CABO DE BITOLA 4 AWG.CAA**

PREÇO:       US\$ 8.030,00/Km

4.1.5. Linhas de Distribuição Urbana em 13.8 KV, Trifásica

**UTILIZANDO O CABO DE BITOLA 1/0 AWG.CAA**

PREÇO:       US\$ 8.900,00/KMm

4.1.6. Linhas de Distribuição Urbana em 13.8 KV, Trifásica

**UTILIZANDO O CABO DE BITOLA 266,8 MCM-CAA**

PREÇO:       US\$ 12.400,00/KM





4.1.7. Linhas de Distribuição 13.8 KV, Rural, bifásica

**UTILIZANDO O CABO DE BITOLA 4 AWG.CAA**

PREÇO: US\$ 3.700,00/Km

4.1.8. Linhas de Distribuição 13.8 KV, urbana, Bifásica

**UTILIZANDO O CABO DE BITOLA 4 AWG.CAA**

PREÇO: US\$ 6.500,00/KM

4.1.9. Linhas de Distribuição Monofásica Sistema MRT (Monofásica com Retorno Para Terra)

PREÇO: US\$ 1.600,00/Km

4.1.10. Linhas de Transmissão Trifásica em 69 KV – Circuito Simples

**UTILIZANDO O CABO DE BITOLA 266,8 MCM-CAA, CIRCUITO SIMPLES, TORRE EM CONCRETO.**

PREÇO: US\$ 17.000,00/Km

4.1.11. Linhas de Transmissão Trifásica em 230 KV

**UTILIZANDO O CABO CONDUTOR GROSBEAK 636,0 MCM, CIRCUITO SIMPLES, TORRE EM ESTRUTURA METÁLICA**

PREÇO: US\$ 48.600,00/Km

4.1.12. Linhas de Transmissão trifásica em 345 KV

**UTILIZANDO O CABO CONDUTOR DRAKE 795,0 MCM, CIRCUITO SIMPLES**

PREÇO: US\$ 72.000,00/Km



## UTILIZANDO O CABO CONDUTOR DE ALUMÍNIO COM ALMA DE AÇO TIPO 4

PREÇO: US\$ 3.700.00/Km

### 4.2. SUBESTAÇÃO

O custo total de investimento de uma subestação qualquer será dado pela soma dos custos dos vários módulos de manobra, de módulo geral e dos equipamentos principais existentes. Ex: Transformadores, Disjuntores, reatores etc.

O módulo geral, seu porte na etapa final (pequeno, médio ou grande) e seu arranjo de barras entre os disjuntores são escolhidos em função da tensão mais alta da SE:

- BS** - Arranjo barra simples;
- BPT** - Arranjo barra principal e transferência;
- BD** - Arranjo barra dupla;
- AN** - Arranjo em anel;
- DJM** - Arranjo disjuntor e meio.

Módulo de Manobra Escolhido por Nível de Tensão, por Tipo de Arranjo e por Função:

- EL** - Vão de entrada de linha;
- CT** - Vão de conexão do transformador;
- IB** - Vão de interligação da barra;
- IBSD** - Vão de interligação sem disjuntor.

Assim, o custo de investimento de uma SE é muito variável, função dessas variáveis acima esclarecidas. No entanto elas ficam situadas nos seguintes patamares:

<b>SE</b>	-	<b>13,8 Kv</b>	<u>          ( variação US\$ )</u>	<b>15 a 20 / Kva;</b>
<b>SE</b>	-	<b>69 Kv</b>	<u>          (variação US\$ )</u>	<b>40 a 60 / Kva;</b>
<b>SE</b>	-	<b>138 Kv</b>	<u>          (variação US\$ )</u>	<b>50 a 70 / Kva;</b>
<b>SE</b>	-	<b>230 Kv</b>	<u>          (variação US\$ )</u>	<b>60 a 80 / Kva.</b>



Nestes valores estão incluídos os custos dos transformadores e disjuntores.

#### **4.3. PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS**

Uma usina de baixa queda, até 15 metros de altura, o custo pode variar de US\$ 1.500,00 a US\$ 1.800,00 por KW instalado. As turbinas para este tipo de usinas são Francis, Bulbo ou Kaplan.

Para PCH com quedas entre 15m a 40 m o custo varia entre US\$ 800,00 a 1.000,00 por KW instalado, dependendo evidentemente das condições de vazão do rio.

Acima de 40 metros o custo de uma PCH pode variar entre US\$ 600,00 a US\$ 800,00 por KW instalado. Portanto, o custo de uma PCH varia e função de vários fatores, principalmente se próximo à usina se pode encontrar os insumos básicos para construção civil, como pedra, areia, madeira, entre outros.

O fator de capacidade de uma PCH considerada nestes casos foi de 0,85 a 0,90.

#### **4.4. ESTRUTURA DE CUSTO DE UMA PCH**

Como os custos que incidem em uma PCH dependem de vários fatores abaixo relacionamos um percentual em relação ao custo total do investimento, para que o projetista tenha uma ordem de grandeza desses valores:

Obras Civis .....	40%
Mecanis-Pontes Rolantes, estruturas metálicas etc. ....	15%
Geradores -Turbinas .....	30%
Subestações, controle e comando e instalações elétricas .....	15%

#### **4.5. USINA DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO COMBUSTÍVEL GÁS NATURAL 50 A 200 KW**

As usinas térmicas modernas utilizam o sistema ciclo combinado, com motores que possam utilizar o óleo diesel, óleo combustível ou gás natural.

Neste caso o custo do KW instalado poderá estar na faixa de US\$ 800,00 a 1000,00, com um fator de capacidade de 0,80 a 0,85.



Deve-se considerar que para uma usina térmica a óleo diesel a Eletrobras subsidia 60% do óleo utilizado através de uma conta CCC, ou seja, a empresa paga apenas 40% do custo desta matéria-prima. Este valor, no entanto, não é fixo, devendo passar por uma negociação, que em alguns casos poderá ultrapassar estes valores.

Outro ponto que se deve considerar é o custo do óleo a ser fornecido pela Petrobras. Neste caso, tanto o gás natural como o óleo combustível estariam enquadrados neste contexto.

Assim, após a análise destes fatores é que poder-se-á determinar com uma precisão maior o custo de uma usina térmica.

Os números, portanto, apresentados acima são conservadores e é o que a Eletrobras se baseia.

#### **4.6. MÉDIA ANUAL DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO**

##### 4.6.1. Linhas de transmissão

13.8 KV .....	R\$ 24,6 / equipe / hora ( equipe c/ 4 homens )
69,0KV .....	R\$ 140,0 / equipe / hora ( equipe c/ 5 homens )
230,0KV	
345,0 KV	

##### 4.6.2. Estações Elétricas de Manobra

Varia entre US\$ 1,00 a 2,00 o MWH.

##### 4.6.3. PCH

Varia entre US\$ 5,00 a 10,00 o MWH.

##### 4.6.4. Usinas Térmicas

Varia entre US\$ 10,00 e 15,00 o MWH.

Nota geral: Foi considerado US\$ = R\$ 1,80

## 5. CUSTOS DE ENERGIA

### 5.1. CONCEITOS

A energia elétrica, que alimenta os computadores, aciona motores e equipamentos e é fornecida à sua empresa em alta tensão (13.800 V). Sua utilização é medida através de duas avaliações: a demanda de potência em kW e o consumo de energia em kWh. A demanda é a potência máxima solicitada dentro de um determinado período de tempo. O consumo é a quantidade de energia efetivamente utilizada nesse período, que geralmente é de um mês. Dessa maneira, o faturamento da energia elétrica de sua empresa apresenta-se na forma binômica, ou seja, com uma tarifa para a demanda (R\$/kW) e outra para o consumo (R\$/kWh).

Até 1981 o sistema tarifário de energia elétrica baseava-se numa estrutura que contemplava apenas um preço para a demanda e outro para o consumo de energia, independente do mês ou horário de utilização.

Como consequência, observa-se no horário das 17:00 às 22:00 horas uma intensificação no uso da eletricidade. Esse horário, denominado de PONTA do sistema elétrico, corresponde ao horário no qual o sistema assume a sua maior carga. No caso da concessionária local, este período compreende o intervalo de 17:30 às 20:30 horas dos dias úteis da semana (segunda a sexta-feira).

Por outro lado, observa-se também que o comportamento do mercado de energia elétrica ao longo do ano tem características próprias e opostas à disponibilidade de água represada nos reservatórios. Em função da disponibilidade hídrica, identifica-se um período SECO, compreendido entre maio e novembro de um ano e um período ÚMIDO, compreendendo os meses de dezembro de um ano a abril do ano seguinte.

Este fato faz com que o fornecimento de energia no período seco tenha a tendência a ser mais oneroso pelo risco de déficit de água. Neste ponto vale lembrar o racionamento de energia ocorrido na região sul em 1986 e região nordeste em 1987.

Diante destes fatos e da realidade de custos crescentes na geração, transmissão e distribuição de energia, com reflexos diretos nas tarifas aplicadas, o setor elétrico buscou alternativas que, através da otimização dos recursos disponíveis, possibilitassem atender a demanda de energia elétrica em condições razoáveis de quantidade, qualidade e preços.



A partir de 1982, foi introduzida no Brasil a tarifa HORO-SAZONAL para as unidades consumidoras atendidas em tensão igual ou superior a 69 kV, como as indústrias têxteis, dando início a um processo gradual de mudança do sistema tarifário brasileiro.

Esta tarifa, que para fins promocionais foi denominada de tarifa AZUL, teve como objetivo estimular, através de preços diferenciados, a utilização de energia fora do horário de ponta do sistema elétrico e nos períodos do ano em que há maior afluência de água nos reservatórios das usinas. Esta nova modalidade tarifária é baseada em custos marginais, com vantagens tanto para o sistema elétrico como para os consumidores. O sistema elétrico, através da utilização mais racional, reduz suas necessidades de investimento e conseqüentemente os custos implicados. Isto quer dizer que o consumidor passa a ter alternativa de reduzir os seus gastos com energia, desde que desloque o seu consumo para períodos em que o custo é mais baixo, ou seja, fora de horário de ponta.

Dando continuidade ao processo gradual de mudança do sistema tarifário brasileiro, com intuito de ampliar, consolidar e aprimorar as disposições referentes ao fornecimento de energia à tarifas horo-sazonais, o DNAEE (hoje ANEEL), órgão do governo que controla a política tarifária, introduziu a tarifa VERDE. Como conseqüência, todos os consumidores de alta tensão, com demanda igual ou superior a 50 kW, poderão ser enquadrados na nova tarifa, dependendo apenas da modulação da curva de carga, ou seja, da utilização da energia no horário de ponta.

Porém, além da modulação de carga, para o consumidor utilizar corretamente a tarifa HORO-SAZONAL, ele deve observar um certo limite que a concessionária impõe para ele não exceder um percentual da demanda que ele contratou junto a esta. Este percentual, que pode corresponder a 5%, 10% ou 20% dependendo do tipo do consumidor, chama-se de LIMITE DE ULTRAPASSAGEM. Se este for rompido, a concessionária fará uma cobrança adicional, uma espécie de multa, tomando como referência a carga que ele ultrapassou e um valor de tarifa que é 3 (três) vezes maior do que a tarifa de demanda normal.

Com relação ao tipo de classificação quanto ao fornecimento de energia elétrica, que leva em consideração o nível de tensão de fornecimento e as tarifas aplicáveis, os consumidores podem ser classificados da seguinte maneira:

**Consumidor do Grupo “A”** - consumidor alimentado com tensão de fornecimento superior a 2.300 volts (indústrias, médias e grandes edificações, etc). Neste é empregado um tipo de

tarifação binômica (demanda e consumo) ou horo-sazonal. Também chamado de consumidor de média e/ou alta tensão (MT, AT), eles são subdivididos desta forma:

**TABELA 5.1 - TIPOS DE CONSUMIDORES DO GRUPO “A”**

<b>Subgrupo do Consumidor do Grupo “A”</b>	<b>Tarifa Horo-Sazonal</b>	<b>Tarifa Binômica Convencional</b>
A1 (230 kV)	obrigatória	não aplicável
A2 (88 kV a 138 kV)	obrigatória	não aplicável
A3 (69 kV)	obrigatória	não aplicável
A3a (30 kV a 44 kV)	opcional	opcional
A4 (2,3 kV a 25 kV)	opcional	opcional
AS (Subterrâneo)	opcional	opcional

**Consumidor do Grupo “B”** - consumidor alimentado com tensão de fornecimento inferior a 2.300 volts e carga instalada menor do que 50 kW (residências, pequenas edificações, etc). Neste é empregado um tipo de tarifação monômica (consumo) e denominados também de consumidores de baixa tensão (BT).

Esclarecendo melhor todas as explicações expostas, resumiremos nas tabelas 5.2, 5.3 e 5.4, a seguir, os itens de faturamento por tipo de tarifa e o Sistema Brasileiro de Tarifação de Energia Elétrica.

**TABELA 5.2 - FATURAMENTO POR TIPO DE TARIFA**

TARIFA		VALORES A SEREM FATURADOS				
DE ENERGIA		Consumo	Demanda	Ultrapassagem	Fator de Potência	Outros
Grupo A A1, A2, A3, A3a, A4, AS	<b>Tarifa Convencional</b>	Total medido no mês	Maior valor entre: <ul style="list-style-type: none"> <li>demanda contratada;</li> <li>demanda registrada;</li> <li>85% da maior demanda registrada dos últimos 11 meses.</li> </ul>	Não aplicável	Acréscimo na fatura caso o fator de potência indutivo e capacitivo médio situe-se abaixo de 0,92.	ICMS, exceto p/ consumidor Rural
	<b>Tarifa Verde</b>	Diferenciado entre: <ul style="list-style-type: none"> <li>Períodos do ano:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Seco</li> <li>Úmido</li> </ul> </li> <li>Períodos do dia:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Ponta</li> <li>Fora de Ponta</li> </ul> </li> </ul>	Inicialmente, observar o maior valor entre o registrado na ponta e fora de ponta, e em seguida, aplicar também o máximo entre: <ul style="list-style-type: none"> <li>demanda contratada;</li> <li>demanda registrada.</li> </ul>	Aplicável quando a demanda registrada superar a contratada em: <ul style="list-style-type: none"> <li>10% para as unidades com demanda contratada superior a 100kW;</li> <li>20% para as unidades com demanda contratada de 50kW até 100kW.</li> </ul>	Acréscimo na fatura caso o fator de potência indutivo e capacitivo médio horário situe-se abaixo de 0,92.	ICMS, exceto p/ consumidor Rural
	<b>Tarifa Azul</b>	Diferenciado entre: <ul style="list-style-type: none"> <li>Períodos do ano:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Seco</li> <li>Úmido</li> </ul> </li> <li>Períodos do dia:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Ponta</li> <li>Fora de Ponta</li> </ul> </li> </ul>	Diferenciada para os horários de Ponta e Fora de Ponta e aplicar o maior valor entre: <ul style="list-style-type: none"> <li>demanda contratada;</li> <li>demanda registrada.</li> </ul>	Aplicável quando a demanda registrada superar a contratada em: <ul style="list-style-type: none"> <li>5% para as unidades ligadas em tensão superior a 69kV;</li> <li>10% para as unidades ligadas em tensão inferior a 69kV e demanda contratada superior a 100kW;</li> <li>20% para as unidades com demanda contratada de 50kW até 100kW.</li> </ul>	Acréscimo na fatura caso o fator de potência indutivo e capacitivo médio horário situe-se abaixo de 0,92.	ICMS, exceto p/ consumidor Rural
Grupo B B1, B2, B3, B4, B4a, 4b, B4c	<b>Tarifa Convencional</b>	Total medido no mês	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	ICMS, TIP Há casos de isenções



Alguns detalhes sobre o sistema tarifário merecem atenção especial:

- \* Na tarifa CONVENCIONAL, o valor da tarifa de consumo é aproximadamente duas vezes maior que o consumo fora de ponta nas tarifas AZUL e VERDE, o que faz com que este modelo seja viável, apenas, quando o consumo e/ou a demanda no horário de ponta não possuam um controle;
- \* Na tarifa VERDE, a tarifa de consumo na ponta é cerca de dez vezes maior que a tarifa fora de ponta, o que faz com que este tipo de modalidade seja atrativa quando é controlado e reduzido o consumo na ponta ou o nº de horas trabalhadas. Será visto posteriormente que este modelo será o mais econômico para a SEADM, já que seu expediente de trabalho ocupa somente de 0,5 a 1 hora do horário de ponta;
- \* A modalidade tarifária AZUL possui um valor de tarifa de consumo na ponta bem menor do que a tarifa de consumo na ponta VERDE (cerca de 4 vezes). Porém, o modelo AZUL exige uma definição de uma demanda contratada na ponta, que será paga mesmo que utilizada por alguns instantes. Deste modo, uma demanda elevada neste horário será faturada como se a utilização desta demanda ocorresse durante todo o mês.
- \* Com relação ainda ao modelo AZUL, vale ressaltar do perigo da ultrapassagem da demanda na ponta, que possui uma tarifa ( $\approx$ R\$ 40,0/kW) 3 vezes maior do que a demanda na ponta, obrigando o consumidor a implementar um controle bastante rígido e muitas vezes prejudicial neste horário;
- \* Em geral, se a unidade consumidora apresentar um baixo consumo no horário de ponta (menor que 10% do consumo total) e um baixo fator de carga (menor que 0,5) neste horário, seguramente a tarifa horo-sazonal se mostrará mais econômica.



MONTGOMERY WATSON

**TABELA 5.3 - TARIFAS DE FORNECIMENTO DA COELCE (ALTA E MÉDIA TENSÃO)****PORTARIA:** ANEEL, N° 160, de 09/06/99.**VIGÊNCIA:** 10/Jun/1999

<b>TARIFA AZUL</b>	<b>TARIFAS DE DEMANDA - R\$/kW</b>				<b>TARIFAS DE CONSUMO - R\$/kWh</b>			
<b>Sub-Grupo/Nível de Tensão</b>	<b>PONTA</b>	<b>F/ PONTA</b>	<b>ULT. PT.</b>	<b>ULT. FP.</b>	<b>PT. SECA</b>	<b>PT. ÚMIDA</b>	<b>FP. SECA</b>	<b>FP. ÚMIDA</b>
A1 Industrial / 230,0 kV	10,28	2,15	38,12	7,99	0,05856	0,05123	0,04143	0,03520
A1 Industrial (E.S.T.) / 230 kV	2,15		7,99		0,03221	0,02817		
A3 Água, esgoto e saneamento./ 69 kV	12,60	3,45	55,01	15,04	0,05977	0,05298	0,04116	0,03554
A3 Rural / 69,0 kV	10,01	2,74	41,26	11,28	0,04747	0,04208	0,03269	0,02822
A3 Rural Irrigante / 69,0 kV (6 hs)	10,01	2,74	41,26	11,28	0,04747	0,04208	0,00363	0,00314
A3 Rural Irrigante / 69,0 kV (10 hs)	10,01	2,74	41,26	11,28	0,04747	0,04208	0,00908	0,00784
A3 Demais Classes / 69,0 kV	14,83	4,05	55,01	15,04	0,07032	0,06233	0,04643	0,04181
A3a Demais Classes / 34,5 kV	17,32	5,80	56,32	19,43	0,11368	0,10524	0,05407	0,04780
A4 Água, esgoto e saneam./13,8 kV	15,27	5,09	53,93	17,96	0,10021	0,09275	0,04765	0,04209
A4 Rural / 13,8 kV	12,12	4,04	40,45	13,47	0,07958	0,07366	0,03784	0,03343
A4 Rural Irrigante / 13,8 kV (6 hs)	12,12	4,04	40,45	13,47	0,07958	0,07366	0,03784	0,03343
A4 Rural Irrigante / 13,8 kV (10 hs)	12,12	4,04	40,45	13,47	0,07958	0,07366	0,03784	0,03343
A4 Demais Classes / 13,8 kV	17,96	5,99	53,93	17,96	0,11789	0,10912	0,05605	0,04952
<b>TARIFA VERDE</b>	<b>TARIFA DE DEMANDA - R\$/kW</b>		<b>TARIFA DE ULTRAPAS. - R\$/kW</b>		<b>TARIFA DE CONSUMO - R\$/kWh</b>			
<b>Sub-Grupo/Nível de Tensão</b>					<b>PT. SECA</b>	<b>PT. ÚMIDA</b>	<b>FP. SECA</b>	<b>FP. ÚMIDA</b>
A4 Água, esgoto e saneam./13,8 kV	5,09		17,96		0,45344	0,44602	0,04765	0,04209
A4 Rural / 13,8 kV	4,04		13,47		0,36008	0,35420	0,03784	0,03343



Continuação - Tabela 5.3

<b>TARIFA VERDE</b>	<b>TARIFA DE</b>	<b>TARIFA DE</b>	<b>TARIFA DE CONSUMO - R\$/kWh</b>			
<b>Sub-Grupo/Nível de Tensão</b>	<b>DEMANDA - R\$/kW</b>	<b>ULTRAPAS. - R\$/kW</b>	<b>PT. SECA</b>	<b>PT. ÚMIDA</b>	<b>FP. SECA</b>	<b>FP. ÚMIDA</b>
A4 Rural Irrigante / 13,8 kV (6 hs)	4,04	13,47	0,36008	0,35420	0,03784	0,03343
A4 Rural Irrigante / 13,8 kV (10 hs)	4,04	13,47	0,36008	0,35420	0,03784	0,03343
A4 Demais Classes / 13,8 kV	5,99	17,96	0,53345	0,52473	0,05605	0,04952
<b>TARIFA CONVENCIONAL</b>	<b>TARIFA DE DEMANDA - R\$/kW</b>		<b>TARIFA DE CONSUMO - R\$/kWh</b>			
<b>Sub-Grupo/Nível de Tensão</b>						
A3a Ind., Com., Poder Pub./34,5 kV	6,56			0,09603		
A4 Água, esgoto e saneam./13,8 kV	5,77			0,08465		
A4 Rural / 13,8 kV	4,58			0,06722		
A4 Rural Irrigante / 13,8 kV (6 hs)	4,58			0,00747		
A4 Rural Irrigante / 13,8 kV (10 hs)	4,58			0,01867		
A4 Residencial / 13,8 kV	6,79			0,09959		
A4 Demais Classes / 13,8 kV	6,79			0,09959		



MONTGOMERY WATSON

**TABELA 5.4 - TARIFAS DE FORNECIMENTO DA COELCE EM DÓLAR COM ICMS INCLUSO (ALTA E MÉDIA TENSÃO)****PORTARIA:** ANEEL, Nº 160, de 09/06/99.**VIGÊNCIA:** 10/Jun/1999**Dólar Com. Venda (US\$):** R\$ 1,801

<b>TARIFA AZUL</b>	<b>TARIFAS DE DEMANDA - US\$/kW</b>				<b>TARIFAS DE CONSUMO - US\$/kWh</b>			
<b>Sub-Grupo/Nível de Tensão</b>	<b>PONTA</b>	<b>F/ PONTA</b>	<b>ULT. PT.</b>	<b>ULT. FP.</b>	<b>PT. SECA</b>	<b>PT. ÚMIDA</b>	<b>FP. SECA</b>	<b>FP. ÚMIDA</b>
A1 Industrial / 230,0 kV	5,71	1,19	21,17	4,44	0,03252	0,02845	0,02300	0,01954
A1 Industrial (E.S.T.) / 230 kV	1,19		4,44		0,01788	0,01564		
A3 Água, esgoto e saneamento./ 69 kV	7,00	1,92	30,54	8,35	0,03319	0,02942	0,02285	0,01973
A3 Rural / 69,0 kV	5,56	1,52	22,91	6,26	0,02636	0,02336	0,01815	0,01567
A3 Rural Irrigante / 69,0 kV (6 hs)	5,56	1,52	22,91	6,26	0,02636	0,02336	0,00202	0,00174
A3 Rural Irrigante / 69,0 kV (10 hs)	5,56	1,52	22,91	6,26	0,02636	0,02336	0,00504	0,00435
A3 Demais Classes / 69,0 kV	8,23	2,25	30,54	8,35	0,03904	0,03461	0,02578	0,02321
A3a Demais Classes / 34,5 kV	9,62	3,22	31,27	10,79	0,06312	0,05843	0,03002	0,02654
A4 Água, esgoto e saneam./13,8 kV	8,48	2,83	29,94	9,97	0,05564	0,05150	0,02646	0,02337
A4 Rural / 13,8 kV	6,73	2,24	22,46	7,48	0,04419	0,04090	0,02101	0,01856
A4 Rural Irrigante / 13,8 kV (6 hs)	6,73	2,24	22,46	7,48	0,04419	0,04090	0,02101	0,01856
A4 Rural Irrigante / 13,8 kV (10 hs)	6,73	2,24	22,46	7,48	0,04419	0,04090	0,02101	0,01856
A4 Demais Classes / 13,8 kV	9,97	3,33	29,94	9,97	0,06546	0,06059	0,03112	0,02750
<b>TARIFA VERDE</b>	<b>TARIFA DE DEMANDA - US\$/kW</b>		<b>TARIFA DE ULTRAPAS. - US\$/kW</b>		<b>TARIFA DE CONSUMO - US\$/kWh</b>			
<b>Sub-Grupo/Nível de Tensão</b>					<b>PT. SECA</b>	<b>PT. ÚMIDA</b>	<b>FP. SECA</b>	<b>FP. ÚMIDA</b>
A4 Água, esgoto e saneam./13,8 kV	2,83		9,97		0,25177	0,24765	0,02646	0,02337
A4 Rural / 13,8 kV	2,24		7,48		0,19993	0,19667	0,02101	0,01856



MONTGOMERY WATSON



Continuação – Tabela 5.4

<b>TARIFA VERDE</b>	<b>TARIFA DE DEMANDA - US\$/kW</b>	<b>TARIFA DE ULTRAPAS. - US\$/kW</b>	<b>TARIFA DE CONSUMO - US\$/kWh</b>			
			<b>PT. SECA</b>	<b>PT. ÚMIDA</b>	<b>FP. SECA</b>	<b>FP. ÚMIDA</b>
<b>Sub-Grupo/Nível de Tensão</b>						
A4 Rural Irrigante / 13,8 kV (6 hs)	2,24	7,48	0,19993	0,19667	0,02101	0,01856
A4 Rural Irrigante / 13,8 kV (10 hs)	2,24	7,48	0,19993	0,19667	0,02101	0,01856
A4 Demais Classes / 13,8 kV	3,33	9,97	0,29620	0,29135	0,03112	0,02750
<b>TARIFA CONVENCIONAL</b>	<b>TARIFA DE DEMANDA - US\$/kW</b>		<b>TARIFA DE CONSUMO - US\$/kWh</b>			
<b>Sub-Grupo/Nível de Tensão</b>						
A3a Ind., Com., Poder Pub./34,5 kV	3,64		0,05332			
A4 Água, esgoto e saneam./13,8 kV	3,20		0,04700			
A4 Rural / 13,8 kV	2,54		0,03732			
A4 Rural Irrigante / 13,8 kV (6 hs)	2,54		0,00415			
A4 Rural Irrigante / 13,8 kV (10 hs)	2,54		0,01037			
A4 Residencial / 13,8 kV	3,77		0,05530			
A4 Demais Classes / 13,8 kV	3,77		0,05530			



MONTGOMERY WATSON



## **ANEXO C – RESULTADOS DO MODELO SIMOP**

---



1 RESUMEN DE MACRO-INSTRUCCIONES PARA ESTA PASADA

```

RUNAME 0. EIXO DE INTEGRAÇÃO IBIAPABA
RUNJOB 1.
NEWCON 1.
NEWCON 2.
NEWCON 3.
DATAIN 0.
G 3.00 32.00 3.00 .12
G 1.00
G 1.00 32.00 .00 .00
G 1.00
G 1.00 32.00 577000000.00 577000000.00
K 1. 1.
K 1.0000 32.0000 .0000 .0000
K 1. 2.
K 1.0000 32.0000 .0000 .0000
K 1. 3.
K 1.0000 32.0000 .0000 .0000
D -1.34 -.55 -.55
D .04 .68 1.06
D 111585333.00 3041502.00 3492224.00
D 3.00 3.00 3.00
D .00
D 15. 1.
D 1.0000 3.0000 .0000 .0000
D 4.0000 6.0000 .0000 .0000
D 7.0000 7.0000 .3510 .3510
D 8.0000 8.0000 .3961 .3961
D 9.0000 10.0000 .0000 .0000
D 11.0000 11.0000 .4104 .4104
D 12.0000 12.0000 .0501 .0501
D 13.0000 13.0000 .1966 .1966
D 14.0000 14.0000 .0000 .0000
D 15.0000 15.0000 .0892 .0892
D 16.0000 16.0000 .0000 .0000
D 17.0000 17.0000 .2457 .2457
D 18.0000 20.0000 .0000 .0000
D 21.0000 21.0000 .1141 .1141
D 22.0000 32.0000 .0000 .0000
D 12. 2.
D 1.0000 3.0000 .0000 .0000
D 4.0000 4.0000 .0167 .0167
D 5.0000 5.0000 .0165 .0165
D 6.0000 6.0000 .0163 .0163
D 7.0000 8.0000 .0160 .0160
D 9.0000 9.0000 .0159 .0159
D 10.0000 15.0000 .0000 .0000
D 16.0000 21.0000 .0448 .0448
D 22.0000 23.0000 .0380 .0380
D 24.0000 24.0000 .0679 .0679
D 25.0000 30.0000 .0185 .0185
D 31.0000 32.0000 .0176 .0176
D 9. 3.
D 1.0000 3.0000 .0000 .0000
D 4.0000 4.0000 .0161 .0161
D 5.0000 5.0000 .0159 .0159
D 6.0000 9.0000 .0156 .0156
D 10.0000 11.0000 .0615 .0470

```



MONTGOMERY WATSON



D	12.0000	14.0000	.0531	.0531	
D	15.0000	17.0000	.0425	.0425	
D	18.0000	24.0000	.0360	.0360	
D	25.0000	32.0000	.0068	.0068	
T	1.	1.			
T	1.0000	32.0000	.0400	.0400	
T	1.	2.			
T	1.0000	32.0000	.6800	.6800	
T	1.	3.			
T	1.0000	32.0000	1.0600	1.0600	
A	1.	1.			
A	1.0000	32.0000	.0800	.0800	
A	1.	2.			
A	1.0000	32.0000	3.6500	3.6500	
A	1.	3.			
A	1.0000	32.0000	3.4500	3.4500	
P	5.	0.			
P	1.00	193075.00	3.00	3.00	1.00
P	1.00	579226.00	4.00	4.00	1.00
P	1.00	772301.00	5.00	5.00	1.00
P	1.00	1544602.00	6.00	6.00	1.00
P	1.00	1930754.00	7.00	32.00	1.00
N	1.00				
N	1.	9.			
N	1.	61095500.			
N	2.	51931170.			
N	3.	39712070.			
N	4.	39712070.			
N	5.	39712070.			
N	6.	36657300.			
N	7.	36657300.			
N	15.	18160610.			
N	16.	18160610.			
V	.00				
V	.00	.00	.00		
C	1.00	1.00	1.00	.00	.00
S	1.	1.			
S	1.0000	32.0000	.0800	.0800	
S	1.	2.			
S	1.0000	32.0000	3.6500	3.6500	
S	1.	3.			
S	1.0000	32.0000	3.6500	3.6500	

ENDATA 0. ENGESOFT/MONTGOMERY WATSON Elaboração R.E.S.F. (Setembro/2000).





1

## OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PROYECTADAS

ANO	CONSUMO POR GRUPOS					TOTAL	OFERTA TOTAL		NORMA DE DISTR.NO. 1	
	1	2	3	4	5		SIN	CON	SIN NVOS	CON NVOS
3	111585336.	3041502.	3492224.		0.	0.	118119062.	0.	577000000.	
4	111585336.	3092295.	3548449.		0.	0.	118226080.	0.	577000000.	
5	111585336.	3143318.	3604869.		0.	0.	118333524.	0.	577000000.	
6	111585336.	3194554.	3661105.		0.	0.	118440996.	0.	577000000.	
7	150751791.	3245667.	3718218.		0.	0.	157715676.	0.	577000000.	
8	210464577.	3297598.	3776223.		0.	0.	217538397.	0.	577000000.	
9	210464577.	3350029.	3835132.		0.	0.	217649738.	0.	577000000.	
10	210464577.	3350029.	4070992.		0.	0.	217885599.	0.	577000000.	
11	296839240.	3350029.	4262329.		0.	0.	304451598.	0.	577000000.	
12	311710886.	3350029.	4488659.		0.	0.	319549574.	0.	577000000.	
13	372993247.	3350029.	4727006.		0.	0.	381070283.	0.	577000000.	
14	372993247.	3350029.	4978010.		0.	0.	381321287.	0.	577000000.	
15	406264244.	3350029.	5189576.		0.	0.	414803849.	0.	577000000.	
16	406264244.	3500111.	5410133.		0.	0.	415174488.	0.	577000000.	
17	506083370.	3656916.	5640064.		0.	0.	515380349.	0.	577000000.	
18	506083370.	3820745.	5843106.		0.	0.	515747221.	0.	577000000.	
19	506083370.	3991915.	6053458.		0.	0.	516128742.	0.	577000000.	
20	506083370.	4170753.	6271382.		0.	0.	516525504.	0.	577000000.	
21	563827483.	4357602.	6497152.		0.	0.	574682237.	0.	577000000.	
22	563827483.	4523191.	6731049.		0.	0.	575081723.	0.	577000000.	
23	563827483.	4695072.	6973367.		0.	0.	575495923.	0.	577000000.	
24	563827483.	5013868.	7224408.		0.	0.	576065759.	0.	577000000.	
25	563827483.	5106624.	7273534.		0.	0.	576207642.	0.	577000000.	
26	563827483.	5201097.	7322994.		0.	0.	576351574.	0.	577000000.	
27	563827483.	5297317.	7372791.		0.	0.	576497591.	0.	577000000.	
28	563827483.	5395318.	7422926.		0.	0.	576645726.	0.	577000000.	
29	563827483.	5495131.	7473402.		0.	0.	576796016.	0.	577000000.	
30	563827483.	5596791.	7524221.		0.	0.	576948495.	0.	577000000.	
31	563827483.	5695294.	7575385.		0.	0.	577098163.	0.	577000000.	X
32	563827483.	5795532.	7626898.		0.	0.	577249913.	0.	577000000.	X



1  
NUEVO)

RESUMEN DE BENEFICIOS PARA EL GRUPO DE CONSUMIDORES NO. 1 (GRUPO

AÑO	ELAST.	PRECIO MAX	PROY.	CONSUMO			BENEFICIOS ECONOMICOS BRUTOS					
				CON	SIN	PROY.	CON	SIN	NETO	CONSUMO NETO	AHORRO	
DE RECURSOS TOTAL												
3	-1.34	*****	.04	.04	.08	111585336.	111585336.	44078513.	67506824.	3693404.	3526281.	7219685.
4	-1.34	*****	.04	.04	.08	111585336.	111585336.	44078513.	67506824.	3693404.	3526281.	7219685.
5	-1.34	*****	.04	.04	.08	111585336.	111585336.	44078513.	67506824.	3693404.	3526281.	7219685.
6	-1.34	*****	.04	.04	.08	111585336.	111585336.	44078513.	67506824.	3693404.	3526281.	7219685.
7	-1.34	*****	.04	.04	.08	150751791.	150751791.	59550071.	91201719.	4989789.	4764006.	9753795.
8	-1.34	*****	.04	.04	.08	210464577.	210464577.	83137855.	127326722.	6966245.	6651028.	13617273.
9	-1.34	*****	.04	.04	.08	210464577.	210464577.	83137855.	127326722.	6966245.	6651028.	13617273.
10	-1.34	*****	.04	.04	.08	210464577.	210464577.	83137855.	127326722.	6966245.	6651028.	13617273.
11	-1.34	*****	.04	.04	.08	296839240.	296839240.	117257631.	179581609.	9825191.	9380610.	19205802.
12	-1.34	*****	.04	.04	.08	311710886.	311710886.	123132239.	188578647.	10317434.	9850579.	20168012.
13	-1.34	*****	.04	.04	.08	372993247.	372993247.	147340037.	225653210.	12345841.	11787203.	24133044.
14	-1.34	*****	.04	.04	.08	372993247.	372993247.	147340037.	225653210.	12345841.	11787203.	24133044.
15	-1.34	*****	.04	.04	.08	406264244.	406264244.	160482768.	245781476.	13447090.	12838621.	26285711.
16	-1.34	*****	.04	.04	.08	406264244.	406264244.	160482768.	245781476.	13447090.	12838621.	26285711.
17	-1.34	*****	.04	.04	.08	506083370.	506083370.	199913385.	306169985.	16751040.	15993070.	32744110.
18	-1.34	*****	.04	.04	.08	506083370.	506083370.	199913385.	306169985.	16751040.	15993070.	32744110.
19	-1.34	*****	.04	.04	.08	506083370.	506083370.	199913385.	306169985.	16751040.	15993070.	32744110.
20	-1.34	*****	.04	.04	.08	506083370.	506083370.	199913385.	306169985.	16751040.	15993070.	32744110.
21	-1.34	*****	.04	.04	.08	563827483.	563827483.	222723502.	341103981.	18662334.	17817880.	36480214.
22	-1.34	*****	.04	.04	.08	563827483.	563827483.	222723502.	341103981.	18662334.	17817880.	36480214.
23	-1.34	*****	.04	.04	.08	563827483.	563827483.	222723502.	341103981.	18662334.	17817880.	36480214.
24	-1.34	*****	.04	.04	.08	563827483.	563827483.	222723502.	341103981.	18662334.	17817880.	36480214.
25	-1.34	*****	.04	.04	.08	563827483.	563827483.	222723502.	341103981.	18662334.	17817880.	36480214.
26	-1.34	*****	.04	.04	.08	563827483.	563827483.	222723502.	341103981.	18662334.	17817880.	36480214.
27	-1.34	*****	.04	.04	.08	563827483.	563827483.	222723502.	341103981.	18662334.	17817880.	36480214.
28	-1.34	*****	.04	.04	.08	563827483.	563827483.	222723502.	341103981.	18662334.	17817880.	36480214.
29	-1.34	*****	.04	.04	.08	563827483.	563827483.	222723502.	341103981.	18662334.	17817880.	36480214.
30	-1.34	*****	.04	.04	.08	563827483.	563827483.	222723502.	341103981.	18662334.	17817880.	36480214.
31	-1.34	*****	.04	.04	.08	563827483.	563731577.	222723502.	341008075.	18658497.	17817880.	36476377.
32	-1.34	*****	.04	.04	.08	563827483.	563583381.	222723502.	340859879.	18652568.	17817880.	36470448.

1  
NUEVO)

## RESUMEN DE BENEFICIOS PARA EL GRUPO DE CONSUMIDORES NO. 2 (GRUPO

AÑO	ELAST.	PRECIO MAX	PROY.	CONSUMO		BENEFICIOS ECONOMICOS BRUTOS						
				CON	SIN	PROY.	CON	SIN	NETO	CONSUMO NETO	AHORRO	
DE RECURSOS TOTAL												
3	-.55	*****	.68	.68	3.65	3041502.	3041502.	1212467.	1829035.	2849998.	4425506.	7275503.
4	-.55	*****	.68	.68	3.65	3092295.	3092295.	1232716.	1859580.	2897592.	4499412.	7397004.
5	-.55	*****	.68	.68	3.65	3143318.	3143318.	1253055.	1890263.	2945403.	4573652.	7519055.
6	-.55	*****	.68	.68	3.65	3194554.	3194554.	1273480.	1921074.	2993413.	4648203.	7641615.
7	-.55	*****	.68	.68	3.65	3245667.	3245667.	1293856.	1951811.	3041307.	4722574.	7763881.
8	-.55	*****	.68	.68	3.65	3297598.	3297598.	1314558.	1983040.	3089968.	4798135.	7888103.
9	-.55	*****	.68	.68	3.65	3350029.	3350029.	1335459.	2014570.	3139099.	4874425.	8013524.
10	-.55	*****	.68	.68	3.65	3350029.	3350029.	1335459.	2014570.	3139099.	4874425.	8013524.
11	-.55	*****	.68	.68	3.65	3350029.	3350029.	1335459.	2014570.	3139099.	4874425.	8013524.
12	-.55	*****	.68	.68	3.65	3350029.	3350029.	1335459.	2014570.	3139099.	4874425.	8013524.
13	-.55	*****	.68	.68	3.65	3350029.	3350029.	1335459.	2014570.	3139099.	4874425.	8013524.
14	-.55	*****	.68	.68	3.65	3350029.	3350029.	1335459.	2014570.	3139099.	4874425.	8013524.
15	-.55	*****	.68	.68	3.65	3350029.	3350029.	1335459.	2014570.	3139099.	4874425.	8013524.
16	-.55	*****	.68	.68	3.65	3500111.	3500111.	1395288.	2104823.	3279730.	5092800.	8372530.
17	-.55	*****	.68	.68	3.65	3656916.	3656916.	1457796.	2199119.	3426662.	5320957.	8747619.
18	-.55	*****	.68	.68	3.65	3820745.	3820745.	1523106.	2297640.	3580177.	5559336.	9139513.
19	-.55	*****	.68	.68	3.65	3991915.	3991915.	1591341.	2400574.	3740569.	5808394.	9548963.
20	-.55	*****	.68	.68	3.65	4170753.	4170753.	1662633.	2508120.	3908146.	6068610.	9976757.
21	-.55	*****	.68	.68	3.65	4357602.	4357602.	1737119.	2620483.	4083231.	6340484.	10423715.
22	-.55	*****	.68	.68	3.65	4523191.	4523191.	1803129.	2720062.	4238394.	6581422.	10819816.
23	-.55	*****	.68	.68	3.65	4695072.	4695072.	1871648.	2823424.	4399453.	6831516.	11230969.
24	-.55	*****	.68	.68	3.65	5013868.	5013868.	1998733.	3015135.	4698176.	7295376.	11993552.
25	-.55	*****	.68	.68	3.65	5106624.	5106624.	2035710.	3070915.	4785092.	7430341.	12215433.
26	-.55	*****	.68	.68	3.65	5201097.	5201097.	2073370.	3127727.	4873616.	7567802.	12441418.
27	-.55	*****	.68	.68	3.65	5297317.	5297317.	2111728.	3185590.	4963778.	7707807.	12671585.
28	-.55	*****	.68	.68	3.65	5395318.	5395318.	2150795.	3244523.	5055608.	7850401.	12906009.
29	-.55	*****	.68	.68	3.65	5495131.	5495131.	2190584.	3304547.	5149137.	7995633.	13144770.
30	-.55	*****	.68	.68	3.65	5596791.	5596791.	2231110.	3365681.	5244396.	8143553.	13387948.
31	-.55	*****	.68	.68	3.65	5695294.	5694326.	2270378.	3423948.	5336038.	8286879.	13622917.
32	-.55	*****	.68	.68	3.65	5795532.	5793023.	2310336.	3482686.	5428916.	8432728.	13861644.

1  
NUEVO)

## RESUMEN DE BENEFICIOS PARA EL GRUPO DE CONSUMIDORES NO. 3 (GRUPO

AÑO	ELAST.	PRECIO MAX	PROY.	CONSUMO		BENEFICIOS ECONOMICOS BRUTOS						
				CON	SIN	CON	SIN	NETO	CONSUMO NETO	AHORRO		
DE RECURSOS TOTAL			PROY.	PROY.	CON	SIN	NETO	CONSUMO NETO	AHORRO			
3	-55	*****	1.06	1.06	3.45	3492224.	3492224.	1830621.	1661603.	3160233.	6681767.	9842000.
4	-55	*****	1.06	1.06	3.45	3548449.	3548449.	1860094.	1688355.	3211113.	6789344.	10000456.
5	-55	*****	1.06	1.06	3.45	3604869.	3604869.	1889670.	1715200.	3262169.	6897294.	10159464.
6	-55	*****	1.06	1.06	3.45	3661105.	3661105.	1919148.	1741957.	3313059.	7004892.	10317951.
7	-55	*****	1.06	1.06	3.45	3718218.	3718218.	1949087.	1769131.	3364743.	7114168.	10478911.
8	-55	*****	1.06	1.06	3.45	3776223.	3776223.	1979493.	1796730.	3417233.	7225150.	10642382.
9	-55	*****	1.06	1.06	3.45	3835132.	3835132.	2010373.	1824759.	3470542.	7337862.	10808403.
10	-55	*****	1.06	1.06	3.45	4070992.	4070992.	2134011.	1936981.	3683980.	7789140.	11473120.
11	-55	*****	1.06	1.06	3.45	4262329.	4262329.	2234310.	2028019.	3857127.	8155230.	12012357.
12	-55	*****	1.06	1.06	3.45	4488659.	4488659.	2352951.	2135707.	4061940.	8588273.	12650213.
13	-55	*****	1.06	1.06	3.45	4727006.	4727006.	2477893.	2249113.	4277629.	9044310.	13321939.
14	-55	*****	1.06	1.06	3.45	4978010.	4978010.	2609469.	2368541.	4504772.	9524563.	14029334.
15	-55	*****	1.06	1.06	3.45	5189576.	5189576.	2720372.	2469204.	4696224.	9929357.	14625581.
16	-55	*****	1.06	1.06	3.45	5410133.	5410133.	2835987.	2574145.	4895814.	10351354.	15247168.
17	-55	*****	1.06	1.06	3.45	5640064.	5640064.	2956517.	2683547.	5103886.	10791287.	15895173.
18	-55	*****	1.06	1.06	3.45	5843106.	5843106.	3062952.	2780154.	5287626.	11179773.	16467399.
19	-55	*****	1.06	1.06	3.45	6053458.	6053458.	3173218.	2880240.	5477980.	11582245.	17060225.
20	-55	*****	1.06	1.06	3.45	6271382.	6271382.	3287454.	2983929.	5675188.	11999206.	17674394.
21	-55	*****	1.06	1.06	3.45	6497152.	6497152.	3405802.	3091350.	5879494.	12431177.	18310672.
22	-55	*****	1.06	1.06	3.45	6731049.	6731049.	3528411.	3202639.	6091156.	12878700.	18969856.
23	-55	*****	1.06	1.06	3.45	6973367.	6973367.	3655434.	3317934.	6310438.	13342333.	19652771.
24	-55	*****	1.06	1.06	3.45	7224408.	7224408.	3787029.	3437379.	6537614.	13822657.	20360270.
25	-55	*****	1.06	1.06	3.45	7273534.	7273534.	3812781.	3460753.	6582069.	13916651.	20498720.
26	-55	*****	1.06	1.06	3.45	7322994.	7322994.	3838708.	3484286.	6626827.	14011284.	20638111.
27	-55	*****	1.06	1.06	3.45	7372791.	7372791.	3864811.	3507980.	6671890.	14106561.	20778451.
28	-55	*****	1.06	1.06	3.45	7422926.	7422926.	3891092.	3531834.	6717259.	14202485.	20919744.
29	-55	*****	1.06	1.06	3.45	7473402.	7473402.	3917551.	3555850.	6762936.	14299062.	21061998.
30	-55	*****	1.06	1.06	3.45	7524221.	7524221.	3944191.	3580030.	6808924.	14396296.	21205220.
31	-55	*****	1.06	1.06	3.45	7575385.	7575385.	3971011.	3603086.	6853859.	14494191.	21348049.
32	-55	*****	1.06	1.06	3.45	7626898.	7626898.	3998014.	3625582.	6898339.	14592751.	21491090.



1

BENEFICIOS Y COSTOS TOTALES

BENEFICIOS ECONOMICOS BRUTOS						COSTOS ECONOMICOS BRUTOS							
BENEFICIOS						COSTOS ECONOMICOS BRUTOS							
ANO	1	2	3	4	5	PERIODICOS NO TOTAL	VARIABLES DE PERIODICOS		ECONOMICOS PRODUCCION SUMINISTRO		TOTAL		
NETOS													
1	0	0	0	0	0	0	0	61095496	0	0	61095496	-61095496	
2	0	0	0	0	0	0	0	51931172	0	0	51931172	-51931172	
3	7219685	7275503	9842000		0	0	24337188	193075	39712072	0	0	39905147	-15567958
4	7219685	7397004	10000456		0	0	24617145	579226	39712072	0	0	40291298	-15674152
5	7219685	7519054	10159463		0	0	24898203	772301	39712072	0	0	40484373	-15586169
6	7219685	7641615	10317951		0	0	25179251	1544602	36657296	0	0	38201898	-13022646
7	9753794	7763881	10478911		0	0	27996587	1930754	36657296	0	0	38588050	-10591462
8	13617272	7888103	10642382		0	0	32147758	1930754	0	0	0	1930754	30217004
9	13617272	8013524	10808403		0	0	32439200	1930754	0	0	0	1930754	30508446
10	13617272	8013524	11473120		0	0	33103917	1930754	0	0	0	1930754	31173163
11	19205801	8013524	12012356		0	0	39231682	1930754	0	0	0	1930754	37300928
12	20168012	8013524	12650213		0	0	40831749	1930754	0	0	0	1930754	38900995
13	24133043	8013524	13321939		0	0	45468507	1930754	0	0	0	1930754	43537753
14	24133043	8013524	14029334		0	0	46175902	1930754	0	0	0	1930754	44245148
15	26285711	8013524	14625581		0	0	48924816	1930754	18160612	0	0	20091366	28833450
16	26285711	8372530	15247168		0	0	49905409	1930754	18160612	0	0	20091366	29814043
17	32744110	8747619	15895172		0	0	57386902	1930754	0	0	0	1930754	55456148
18	32744110	9139512	16467399		0	0	58351022	1930754	0	0	0	1930754	56420268
19	32744110	9548962	17060225		0	0	59353298	1930754	0	0	0	1930754	57422544
20	32744110	9976756	17674393		0	0	60395260	1930754	0	0	0	1930754	58464506
21	36480213	10423715	18310671		0	0	65214600	1930754	0	0	0	1930754	63283846
22	36480213	10819816	18969855		0	0	66269885	1930754	0	0	0	1930754	64339131
23	36480213	11230969	19652770		0	0	67363953	1930754	0	0	0	1930754	65433199
24	36480213	11993552	20360270		0	0	68834036	1930754	0	0	0	1930754	66903282
25	36480213	12215432	20498720		0	0	69194366	1930754	0	0	0	1930754	67263612
26	36480213	12441418	20638111		0	0	69559743	1930754	0	0	0	1930754	67628989
27	36480213	12671584	20778450		0	0	69930248	1930754	0	0	0	1930754	67999494
28	36480213	12906009	20919744		0	0	70305966	1930754	0	0	0	1930754	68375212
29	36480213	13144770	21061998		0	0	70686982	1930754	0	0	0	1930754	68756228
30	36480213	13387948	21205219		0	0	71073381	1930754	0	0	0	1930754	69142627
31	36476377	13622917	21348049		0	0	71447343	1930754	0	0	0	1930754	69516589
32	36470447	13861644	21491090		0	0	71823182	1930754	0	0	0	1930754	69892428



MONTGOMERY WATSON



1 VALOR PRESENTE DE LOS BENEFICIOS Y LOS COSTOS (TASA DE DESCUENTO= .1200)

A. BENEFICIOS MONTO

GRUPO 1	119384914.
GRUPO 2	59533396.
GRUPO 3	89524932.
GRUPO 4	0.
GRUPO 5	0.

SUBTOTAL 268443242.

B. COSTOS

PERIODICOS	10583642.
NO PERIODICOS	239030801.
VARIABLES DE PRODUCCION	0.
VARIABLES DE SUMINISTRO	0.

SUBTOTAL 249614443.

C. VALOR NETO (A-B) 18828800.

TASA INTERNA DE RETORNO = 12.94



## 1 RESUMEN DE MACRO-INSTRUCCIONES PARA ESTA PASADA

PARAME 2.  
 5 1 0 0 0 0    -.55    .10 3 3  
 5 2 0 0 0 0    -.55    .10 3 3  
 5 3 0 0 0 0    -.55    .10 3 3  
 5 4 0 0 0 0    -.55    .10 3 3  
 5 5 0 0 0 0    -.55    .10 3 3  
 ENDATA 0 0 0 0 0 0    .00    .00 0 0

1

EIXO DE INTEGRA ÇO IBIAPABA

PASADA PARAMETRICA 2.10

## RESUMEN DE PASADAS PARA ANALIZAR LA SENSIBILIDAD

PASADA VALOR DEL	SEQ. NO.	VAR. NO.	NOMBRE DE LA VARIABLE	GRUPO DE CONSUMIDORES	CATEGORIA INGRESOS	FLUJO CAMBRIO
NO. PARAMETRO	NO.	NO.	NO.	NO.	ANO	NO. PROGRESSIVO
				O CONSTANTE		

8	1	5	ELASTICIDAD	1		-85
8	2	5	ELASTICIDAD	2		-85
8	3	5	ELASTICIDAD	3		-85
8	4	5	ELASTICIDAD	4		-85
8	5	5	ELASTICIDAD	5		-85

9	1	5	ELASTICIDAD	1		-.75
9	2	5	ELASTICIDAD	2		-.75
9	3	5	ELASTICIDAD	3		-.75
9	4	5	ELASTICIDAD	4		-.75
9	5	5	ELASTICIDAD	5		-.75

10	1	5	ELASTICIDAD	1		-.65
10	2	5	ELASTICIDAD	2		-.65
10	3	5	ELASTICIDAD	3		-.65
10	4	5	ELASTICIDAD	4		-.65
10	5	5	ELASTICIDAD	5		-.65

11	1	5	ELASTICIDAD	1		-.55
11	2	5	ELASTICIDAD	2		-.55
11	3	5	ELASTICIDAD	3		-.55
11	4	5	ELASTICIDAD	4		-.55
11	5	5	ELASTICIDAD	5		-.55

12	1	5	ELASTICIDAD	1		-.45
12	2	5	ELASTICIDAD	2		-.45
12	3	5	ELASTICIDAD	3		-.45
12	4	5	ELASTICIDAD	4		-.45
12	5	5	ELASTICIDAD	5		-.45

13	1	5	ELASTICIDAD	1		-.35
13	2	5	ELASTICIDAD	2		-.35
13	3	5	ELASTICIDAD	3		-.35
13	4	5	ELASTICIDAD	4		-.35
13	5	5	ELASTICIDAD	5		-.35



MONTGOMERY WATSON



---

14	1	5	ELASTICIDAD	1	-25
14	2	5	ELASTICIDAD	2	-25
14	3	5	ELASTICIDAD	3	-25
14	4	5	ELASTICIDAD	4	-25
14	5	5	ELASTICIDAD	5	-25

---

1

---

EIXO DE INTEGRAÇÃO IBIAPABA

PASADA PARAMETRICA 2.10





## \*\*\* RESULTADOS SEGUN LIMITES PARAMETRICOS \*\*\*

PASADA TOTAL TOTAL COSTO VALOR TASA DE  
 NO. BENEFICIOS BRUTOS DESCONTADO PRESENTE NETO RETORNO  
 DESCONTADOS

8	256666200.00	249614442.89	7051733.00	12.350
9	264672400.00	249614442.89	15057930.00	12.740
10	273409800.00	249614442.89	23795350.00	13.170
11	282960800.00	249614442.89	33346390.00	13.630
12	293418400.00	249614442.89	43803990.00	14.130
13	304887500.00	249614442.89	55273040.00	14.680
14	317486600.00	249614442.89	67872180.00	15.280

## 1 RESUMEN DE MACRO-INSTRUCCIONES PARA ESTA PASADA

PARAME 2.			
12 1 0 0 2	.74	.20	3 3
12 2 0 0 2	.74	.20	3 3
ENDATA 0 0 0 0 0	.00	.00	0 0
1			

EIXO DE INTEGRA ÇO IBIAPABA

PASADA PARAMETRICA 2.20

## RESUMEN DE PASADAS PARA ANALIZAR LA SENSIBILIDAD

PASADA	SEQ.	VAR.	NOMBRE DE LA	GRUPO DE	CATEGORIA	FLUJO	CAMBRIO
NO.	NO.	NO.	VARIABLE	CONSUMIDORES	INGRESOS	ANO	NO. PROGRESSIVO
PARAMETRO				O CONSTANTE			
8	1	12	PRECIO ALTERNATIVO	1	CONSTANTE		-.60
8	2	12	PRECIO ALTERNATIVO	2	CONSTANTE		-.60
9	1	12	PRECIO ALTERNATIVO	1	CONSTANTE		-.40
9	2	12	PRECIO ALTERNATIVO	2	CONSTANTE		-.40
10	1	12	PRECIO ALTERNATIVO	1	CONSTANTE		-.20
10	2	12	PRECIO ALTERNATIVO	2	CONSTANTE		-.20
11	1	12	PRECIO ALTERNATIVO	1	CONSTANTE		.00
11	2	12	PRECIO ALTERNATIVO	2	CONSTANTE		.00
12	1	12	PRECIO ALTERNATIVO	1	CONSTANTE		.20
12	2	12	PRECIO ALTERNATIVO	2	CONSTANTE		.20
13	1	12	PRECIO ALTERNATIVO	1	CONSTANTE		.40
13	2	12	PRECIO ALTERNATIVO	2	CONSTANTE		.40
14	1	12	PRECIO ALTERNATIVO	1	CONSTANTE		.60
14	2	12	PRECIO ALTERNATIVO	2	CONSTANTE		.60

1

EIXO DE INTEGRA ÇO IBIAPABA

PASADA PARAMETRICA 2.20



MONTGOMERY WATSON



\*\*\* RESULTADOS SEGUN LIMITES PARAMETRICOS \*\*\*

PASADA TOTAL	TOTAL COSTO	VALOR	TASA DE
NO. BENEFICIOS BRUTOS	DESCONTADO	PRESENTE NETO	RETORNO
DESCONTADOS			

---

8	333908500.00	249614444.65	84294060.00	15.930
9	284803000.00	249614444.65	35188600.00	13.700
10	271149400.00	249614444.65	21535000.00	13.070
11	268443300.00	249614444.65	18828820.00	12.940
12	269945200.00	249614444.65	20330740.00	13.000
13	273236000.00	249614444.65	23621560.00	13.170
14	277301600.00	249614444.65	27687120.00	13.370

#### 1 RESUMEN DE MACRO-INSTRUCCIONES PARA ESTA PASADA

JOBEND 0.

SIMOP Terminó en 0 min. 3 seg.

1



**MONTGOMERY WATSON**



Av.: Padre Antônio Tomás 2420,10º andar  
Bairro Aldeota, Fortaleza - Ceará  
Fone: 2614890 ; Fax: 2681972  
e-mail: [engesoft@engesoft.eng.br](mailto:engesoft@engesoft.eng.br)