

# REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH/CE

PROJETO PILOTO DE GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS  
PROGERIRH - PILOTO

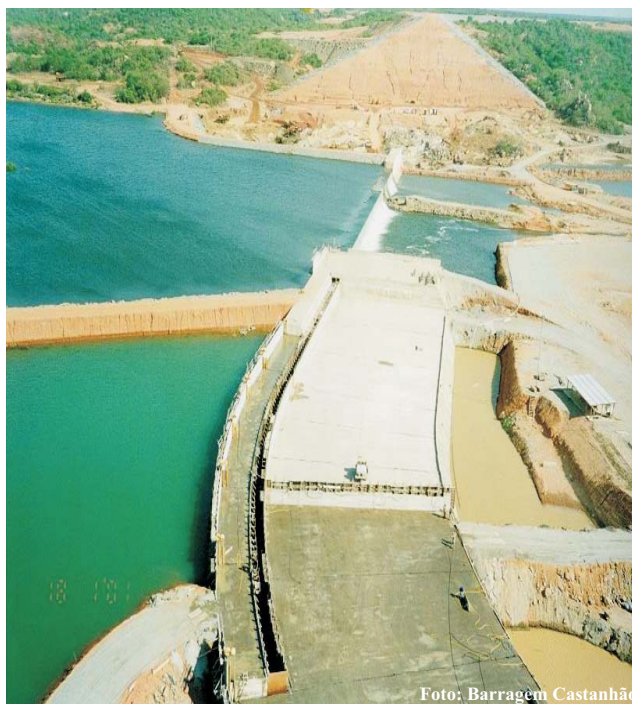


Foto: Barragem Castanhão

**ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA, AMBIENTAL,  
ECONÔMICA E FINANCEIRA DA BARRAGEM CAPITÃO-MOR**

**Avaliação Técnico-Econômica-Financeira e Ambiental**

**RELATÓRIO GERAL**

**ÍNDICE**

## ÍNDICE

APRESENTAÇÃO .....	7
INTRODUÇÃO .....	9
FICHA TÉCNICA.....	12
LOCALIZAÇÃO E ACESSOS .....	15
<b>I - VIABILIDADE TÉCNICA .....</b>	<b>19</b>
<b>1 - VISITA DE CAMPO .....</b>	<b>20</b>
<b>2 - LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS E PLANIALTIMÉTRICOS .....</b>	<b>22</b>
2.1 - SERVIÇOS EXECUTADOS .....	23
2.2 - METODOLOGIA ADOTADA.....	24
2.2.1 - Implantação de marcos com coordenadas .....	24
2.2.2 - Cotas do eixo da barragem .....	24
2.2.3 - Locação, estaqueamento e nivelamento dos eixos da barragem principal, do vertedouro A (com respectivo eixo transversal) e do vertedouro B (com respectivo eixo transversal) .....	24
2.2.4 - Levantamento de seções transversais aos eixos da barragem principal, do vertedouro A (com respectivo eixo transversal) e do vertedouro B (com respectivo eixo transversal) .....	25
2.2.5 - Levantamento cadastral .....	25
2.2.6 - Transporte de cotas para a BR-226 (inclusive ponte) .....	25
2.2.7 - Cálculos topográficos .....	25
<b>3 - DEFINIÇÃO DO N.A. MÁXIMO NORMAL DO RESERVATÓRIO.....</b>	<b>26</b>
<b>4 - RESERVATÓRIO.....</b>	<b>28</b>
<b>5 - ESTUDOS E INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS .....</b>	<b>30</b>
5.1 - ELEMENTOS DISPONÍVEIS.....	31
5.2 - GEOLOGIA.....	31
5.3 - ASPECTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS LOCAIS.....	31
<b>6 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS E DE REGULARIZAÇÃO .....</b>	<b>33</b>
6.1 - ESTUDO DA VAZÃO DE REGULARIZAÇÃO.....	34
6.2 - ESTUDO DA CHEIA DE PROJETO.....	35
6.2.1 - Metodologia Utilizada .....	35
6.2.2 - Hidrograma Unitário Triangular do SCS.....	35
6.2.3 - Hidrogramas das Cheias de Projeto .....	37
<b>7 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS .....</b>	<b>40</b>
7.1 - CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DOS MATERIAIS DE EMPRÉSTIMO .....	41
7.1.1 - Solos.....	41
7.1.2 - Areia .....	41
7.1.3 - Pedreiras .....	42
7.2 - FUNDAÇÃO DA BARRAGEM.....	42
7.3 - FUNDAÇÃO DO VERTEDOIRO.....	42

<b>8 - ESTUDOS HIDRÁULICOS</b> .....	<b>43</b>
8.1 - VAZÃO PELO VERTEDOIRO .....	44
8.2 - BORDA LIVRE.....	47
8.3 - COTA DA BARRAGEM .....	48
<b>9 - DESCRIÇÃO DO ARRANJO GERAL DAS OBRAS</b> .....	<b>50</b>
<b>10 - BARRAGEM</b> .....	<b>52</b>
<b>11 - VERTEDOIRO</b> .....	<b>54</b>
<b>12 - TOMADA D'ÁGUA</b> .....	<b>56</b>
<b>13 - ADUTORA</b> .....	<b>58</b>
13.1 - JUSTIFICATIVA.....	59
13.2 - OBJETIVO .....	59
13.3 - SITUAÇÃO ATUAL DO ABASTECIMENTO .....	59
<b>13.3.1 - População alvo</b> .....	<b>59</b>
13.3.1.1 - Situação atual da sede de Milhã .....	60
13.3.1.2 - Situação atual da localidade Barra do Cipó .....	63
13.3.1.3 - Situação atual do distrito de Cipó.....	63
13.3.1.4 - Situação atual do distrito de Baixa Verde .....	63
13.3.1.5 - Situação atual do distrito de Monte Grave .....	63
13.4 - ESTUDO DE ALTERNATIVAS.....	63
13.5 - ESTUDO POPULACIONAL.....	64
13.6 - PARÂMETROS DE PROJETO .....	66
13.7 - VAZÕES DE PROJETO .....	66
13.8 - CONCEPÇÃO GERAL DO SISTEMA PROPOSTO .....	67
<b>13.8.1 - Captação</b> .....	<b>67</b>
<b>13.8.2 - Estação Elevatória de Água Bruta</b> .....	<b>67</b>
<b>13.8.3 - Adutora de Água Bruta</b> .....	<b>67</b>
<b>13.8.4 - Estações de Bombeamento de Água Tratada</b> .....	<b>68</b>
<b>13.8.5 - Reservatórios de Distribuição</b> .....	<b>68</b>
13.9 - SISTEMA PROPOSTO.....	68
<b>13.9.1 - Fonte Hídrica</b> .....	<b>71</b>
<b>13.9.2 - Captação</b> .....	<b>71</b>
<b>13.9.3 - Estação Elevatória de Água Bruta</b> .....	<b>76</b>
<b>13.9.4 - Estação de Tratamento de Água</b> .....	<b>76</b>
<b>13.9.5 - Estação de Bombeamento de Água Tratada</b> .....	<b>76</b>
<b>13.9.6 - Adutora</b> .....	<b>77</b>
<b>13.9.7 - Reservação</b> .....	<b>77</b>
<b>14 - CRONOGRAMA DE OBRAS</b> .....	<b>82</b>
<b>15 - ORÇAMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DAS OBRAS</b> .....	<b>87</b>
<b>16 - ANEXO (DESENHOS)</b> .....	<b>93</b>

<b>II - VIABILIDADE FINANCEIRA E ECONÔMICA .....</b>	<b>102</b>
<b>1 - VIABILIDADE FINANCEIRA .....</b>	<b>104</b>
1.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	105
1.2 - PROJEÇÃO DA POPULAÇÃO E DEMANDA ATUAL E FUTURA .....	105
1.3 - PROJEÇÕES DE OFERTA .....	105
1.4 - TARIFA MÉDIA.....	105
1.5 - RECEITAS .....	111
1.6 - CUSTOS .....	111
1.7 - FLUXOS DE RECEITAS E CUSTOS E RESULTADOS DA AVALIAÇÃO FINANCEIRA .....	119
1.8 - CUSTO DA ÁGUA .....	119
1.9 - IMPACTO FISCAL .....	119
<b>2 - VIABILIDADE ECONÔMICA .....</b>	<b>124</b>
2.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	125
2.2 - CRITÉRIOS BÁSICOS UTILIZADOS.....	125
2.3 - CUSTOS E BENEFÍCIOS ECONÔMICOS ASSOCIADOS AO ABASTECIMENTO HUMANO .....	126
<b>ANEXOS .....</b>	<b>134</b>
ANEXO I – CUSTOS DE O&M – SITUAÇÃO COM PROJETO .....	135
ANEXO II – RESULTADOS DO MODELO SIMOP .....	138
<b>III - VIABILIDADE AMBIENTAL .....</b>	<b>146</b>
<b>1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....</b>	<b>147</b>
<b>2 - ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS.....</b>	<b>149</b>
<b>3 - O PROJETO .....</b>	<b>156</b>
3.1 - IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR.....	157
3.2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSOS .....	157
3.3 - OBJETIVOS E USOS MÚLTIPLOS .....	157
3.4 - ESTUDOS DE ALTERNATIVAS LOCACIONAIS.....	158
3.5 - DESCRIÇÃO E ARRANJO GERAL DAS OBRAS .....	161
<b>4 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....</b>	<b>163</b>
4.1 - ÁREAS DE ABRANGÊNCIA .....	164
<b>4.1.1 - Área de Influência Física .....</b>	<b>164</b>
<b>4.1.2 - Área de Influência Funcional .....</b>	<b>164</b>
4.2 - MEIO ABIÓTICO .....	164
<b>4.2.1 - Aspectos Geológicos e Geomorfológicos .....</b>	<b>164</b>
4.2.1.1 - Geologia .....	164
4.2.1.2 - Geomorfologia .....	165
4.2.1.3 - Recursos Minerais.....	165
6.2.1.4 - Sismicidade Induzida.....	166
<b>4.2.2 - Solos.....</b>	<b>167</b>
4.2.2.1 - Caracterização dos Solos da Área do Empreendimento .....	167

4.2.2.2 - Uso Atual dos Solos .....	169
<b>4.2.3 - Clima.....</b>	<b>169</b>
<b>4.2.4 - Recursos Hídricos .....</b>	<b>170</b>
<b>4.2.5 - Recursos Hídricos Subterrâneos .....</b>	<b>172</b>
4.3 - MEIO BIÓTICO .....	173
<b>4.3.1 - Flora.....</b>	<b>173</b>
<b>4.3.2 - Fauna.....</b>	<b>173</b>
<b>4.3.3 - Unidades de Conservação .....</b>	<b>174</b>
4.4 - MEIO ANTRÓPICO .....	174
<b>4.4.1 - Área de influência Funcional .....</b>	<b>174</b>
4.4.1.1 - Aspectos Demográficos.....	174
4.4.1.2 - Infra-estrutura Física e Social.....	175
4.4.1.3 - Atividades Econômicas .....	177
4.4.1.4 - Estrutura Fundiária .....	178
<b>4.4.2 - Área de Influência Física .....</b>	<b>179</b>
4.4.2.1 - Generalidades .....	179
4.4.2.2 - Estrutura Fundiária .....	179
4.4.2.3 - População Atingida.....	179
4.4.2.4 - Terras Indígenas.....	179
4.4.2.5 - Infra-Estruturas de Uso Público a serem Atingidas.....	180
4.4.2.6 - Atividades Econômicas a serem Paralisadas .....	180
4.4.2.7 - Patrimônio Cultural, Histórico, Arqueológico e Paleontológico .....	180
<b>5 - IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS.....</b>	<b>182</b>
5.1 - METODOLOGIA ADOTADA.....	183
5.2 - CHECKLIST DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS .....	183
5.3 - DESCRIÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS IDENTIFICADOS.....	187
<b>5.3.1 - Impactos sobre o Meio Abiótico.....</b>	<b>187</b>
<b>5.3.2 - Impactos sobre o Meio Biótico .....</b>	<b>189</b>
<b>5.3.3 - Impactos sobre o Meio Antrópico .....</b>	<b>191</b>
<b>6 - PLANOS DE MEDIDAS MITIGADORAS E/OU COMPENSATÓRIAS .....</b>	<b>196</b>
6.1 - GENERALIDADES .....	197
6.2. - PLANO DE DESMATAMENTO ZONEADO DA BACIA HIDRÁULICA .....	197
6.3 - PLANO DE PROTEÇÃO E MANEJO DA FAUNA.....	199
6.4 - PLANO DE RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DE JAZIDAS DE EMPRÉSTIMOS, BOTA-FORAS E CANTEIRO DE OBRAS.....	201
<b>6.4.1 - Generalidades.....</b>	<b>201</b>
<b>6.4.2 - Reabilitação das Áreas de Jazidas de Empréstimos .....</b>	<b>202</b>
<b>6.4.3 - Disposição Adequada da Infra-estrutura e Recomposição da Área do Canteiro de Obras.....</b>	<b>204</b>
6.5 - PLANO DE REMOÇÃO/RELOCAÇÃO DA INFRA-ESTRUTURA.....	205

6.6 - PLANO DE PEIXAMENTO DO RESERVATÓRIO.....	206
6.7 - ADOÇÃO DE MEDIDAS DE SEGURANÇA DO TRABALHO.....	208
6.8 - PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL.....	209
6.9 - PLANO DE REASSENTAMENTO DA POPULAÇÃO.....	210
<b>6.9.1 - Generalidades.....</b>	<b>210</b>
<b>6.9.2 - Diretrizes a Serem Adotadas no Projeto de Reassentamento.....</b>	<b>211</b>
<b>6.9.3 - Estudo de Alternativas e Anteprojeto de Reassentamento.....</b>	<b>213</b>
<b>6.9.4 - Arcabouço Legal.....</b>	<b>213</b>
<b>6.9.5 - Programas de Reativação da Economia.....</b>	<b>214</b>
<b>6.9.6 - Programa de Implementação do Projeto de Reassentamento.....</b>	<b>214</b>
6.10 - PLANO DE IDENTIFICAÇÃO E RESGATE DO PATRIMÔNIO ARQUEOLÓGICO E PALEONTOLÓGICO.....	215
<b>7 - MONITORAMENTOS AMBIENTAIS E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....</b>	<b>217</b>
7.1 - GENERALIDADES.....	218
7.2 - GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS REPRESADOS/ESTABE-LECIMENTO DE OUTORGAS E TARIFAÇÃO D'ÁGUA.....	218
7.3 - PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA REPRESADA.....	220
7.4 - PLANO DE MONITORAMENTO DO NÍVEL PIEZOMÉTRICO E DO RESERVATÓRIO.....	221
<b>7.4.1 - Monitoramento do Nível Piezométrico.....</b>	<b>221</b>
<b>7.4.2 - Monitoramento do Nível do Reservatório.....</b>	<b>222</b>
7.5 - PLANO DE MONITORAMENTO DA SEDIMENTAÇÃO NO RESERVATÓRIO.....	222
7.6 - PLANO DE DELIMITAÇÃO E ADMINISTRAÇÃO DA FAIXA DE PROTEÇÃO DO RESERVATÓRIO.....	223
<b>7.6.1 - Delimitação da Faixa de Proteção.....</b>	<b>223</b>
<b>7.6.2 - Administração da Faixa de Proteção do Reservatório.....</b>	<b>223</b>
7.7 - ZONEAMENTO DE USOS NO RESERVATÓRIO.....	223
7.8 - MANUTENÇÃO DA INFRA-ESTRUTURA IMPLANTADA.....	224
7.9 - CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO E DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL.....	225
<b>8 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>227</b>
<b>9 - BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>230</b>
<b>IV - DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA.....</b>	<b>233</b>

## APRESENTAÇÃO



## APRESENTAÇÃO

O Consórcio ANB/HIDROSTUDIO, no âmbito do Contrato N.º001/PROGERIRH-PILOTO/SRH/2002, firmado com a Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará e com base nas definições contidas no Edital, vem desenvolvendo os Estudos de Viabilidade Técnica, Ambiental, Econômica e Financeira da Barragem Capitão-mor, localizada no município de Milhã, no Estado do Ceará.

Os referidos estudos serão apresentados através dos relatórios abaixo relacionados:

### **FASE I - Estudos Preliminares**

- VOLUME 1 - Condições Sócio-Econômicas e Ambientais da Área
  - Tomo 1.1 - Relatório Preliminar
- VOLUME 2 - Estudos de Alternativas Locacionais das Barragens e Adutoras
  - Tomo 2.1 - Localização dos Eixos

### **FASE II - Desenvolvimento dos Estudos Básicos e dos Anteprojetos das Barragens e Adutoras**

- VOLUME 1 - Estudos Básicos
  - Tomo 1.1 - Topografia
  - Tomo 1.2 - Geologia e Geotecnia
  - Tomo 1.3 - Hidrologia
  - Tomo 1.4 - Aspectos Sócio-Econômicos
- VOLUME 2 - Anteprojetos
  - Tomo 2.1 - Relatório Geral
  - Tomo 2.2 - Desenhos e Plantas

### **FASE III - Estudos de Viabilidade Ambiental (EVA)**

- VOLUME 1 - Estudos de Viabilidade Ambiental (EVA)
  - Tomo 1.1 - Estudos Básicos e Diagnósticos Ambientais

### **FASE IV - Avaliação Econômica Financeira dos Projetos**

- VOLUME 1 - Viabilidade dos Projetos
  - Tomo 1.1 - Avaliação Técnico-Econômica-Financeira e Ambiental

O presente documento refere-se ao **Relatório Final de Avaliação Técnico-Econômica-Financeira e Ambiental**, dos Estudos de Viabilidade Técnica, Ambiental, Econômica e Financeira da Barragem Capitão-mor, localizada no município de Milhã, no Estado do Ceará.

## INTRODUÇÃO

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem sido uma das preocupações máximas do Governo, dotar o Estado de uma infraestrutura hídrica capaz de atender as demandas das populações, quanto ao abastecimento de água. No último decênio muito tem sido realizado no setor. Além da criação de todo um aparelhamento institucional, vem dedicando-se o Governo na execução de obras, através de programa específico, tais como o PROURB e o PROGERIRH que visam tanto fortalecer o sistema comunitário municipal, como equacionar e resolver os problemas de abastecimento de água das populações.

Este trabalho trata dos Estudos de Viabilidade Técnica, Ambiental, Econômica e Financeira da Barragem Capitão-mor, localizada no município de Milhã, no Estado do Ceará.

O Estado do Ceará tem desenvolvido um extenso programa de recursos hídricos que inclui, desde a mobilização de água através da perfuração de poços ou em reservatórios, até sua distribuição às populações, através de adutoras, após tratamento para torná-la potável. O armazenamento de água para as populações e outros usos no Estado, historicamente, é feito através de mananciais artificiais constituídos por barramentos de rios, formando os açudes. No passado a construção destes reservatórios, tinha sempre um caráter emergencial, isto é, eles eram implantados sempre que se instalava uma seca mais prolongada. Nos anos de pluviometria normal, praticamente não se exercia essa atividade de modo continuado. Os açudes públicos eram construídos em locais muitas vezes não estratégicos, face à localização dos maiores contingentes de usuários, deixando-se de levar em conta outros fatores importantes, os quais só tiveram maior destaque com criação, o desenvolvimento e o debate dos aspectos ambientais.

Com o crescimento mais acelerado da população a partir da década de 1940, e sua concentração nas cidades, iniciada nos anos 60, o problema do abastecimento de água, no Estado, passou a ser encarado de modo a atender a requisitos mais técnicos tais como a localização dos açudes relativamente às cidades e às aglomerações rurais. Também tiveram um grande incremento os usos múltiplos da água, a qual passou a ser encarada como um bem econômico, sendo mais largamente utilizada, notadamente na agricultura irrigada, pecuária, piscicultura e nas atividades de lazer. Este aumento de consumo aliado às irregularidade pluviométricas, induziu o governo do Ceará, a partir do final da década dos anos 80, instituir programas que tratam a questão hídrica de modo racional, com continuidade e procurando sempre conferir um caráter de sustentabilidade as iniciativas do setor, podendo assim assegurar um desenvolvimento mais equilibrado do Estado.

Diante dessa realidade, a partir de 1987 o Governo Estadual vem institucionalizando a implementação de políticas públicas destinadas a encaminhar a questão da água. Assim, foram criados a partir da Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH, a Superintendência de Obras Hidráulicas - SOHIDRA e a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - COGERH; foram também elaborados o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH e o Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FUNORH.

O estudo objeto deste trabalho, se insere nas ações que o governo estadual está implantando em todo o território cearense, o qual consiste na construção de novos barramentos permanentes, de portes médios, e de adutoras que conduzam a água até as cidades, de modo a dotar os centros urbanos do interior de fontes de água seguras, que garantam o abastecimento nos períodos secos.

Atualmente, as ações empreendidas pelo Governo do Estado, no tocante a construção de obras hídricas, devem satisfazer a critérios técnicos, ambientais e sócio-econômicos, antes de terem garantido recursos para suas implantações.

O estudo objeto deste trabalho é uma das etapas deste processo de seleção de locais para obras hídricas e da comprovação de suas viabilidades técnica, financeira e econômica, além da avaliação das condições ambientais que advirão com a concretização dessas obras.

Nesse trabalho, buscamos estudar mais detalhadamente, as alternativas de atendimento às demandas de água junto às cidades e aglomerados urbanos que se situam nas áreas de influência direta destes reservatórios, e subsidiariamente atender as necessidades de promover o desenvolvimento de atividades econômicas, através da irrigação de áreas estrategicamente situadas em relação aos açudes, da piscicultura intensiva e promoção de atividades de lazer.

Apresentamos, em seguida, uma caracterização da região em estudo, a nível municipal e a nível local, onde os dados apresentados refletem a realidade atual, uma vez que eles foram colhidos recentemente, durante viagem de inspeção aos municípios e povoados situados na área de influência e nos próprios locais dos eixos barráveis.

**FICHA TÉCNICA**

## BARRAGEM CAPITÃO-MOR

### FICHA TÉCNICA DO PROJETO

Nome ..... Barragem Capitão-mor;  
Área da Bacia Hidráulica ..... 219 ha;  
Capacidade do Reservatório (Cota 183,50 m) .....  $5,335 \times 10^6 \text{ m}^3$ ;

### Barragem

Tipo ..... Barragem de terra;  
Altura máxima ..... 17,0 m;  
Extensão pelo coroamento ..... 430 m;  
Cota do coroamento ..... 186,10 m;

### Vertedouro

Tipo ..... Canal escavado em rocha (CCR com perfil "Creager");  
Largura ..... 150 m;  
Cota da Soleira ..... 183 m;  
Descarga de Projeto (TR = 1.000 anos) ..... 536,49 m<sup>3</sup>/s;  
Descarga de Projeto (TR = 10.000 anos) ..... 651,07 m<sup>3</sup>/s;

### Tomada D'Água

Tipo ..... Galeria com controle a montante e jusante;  
Dimensões ..... 0,30 m x 0,30 m e 300 mm;  
Comprimento ..... 45 m;  
Descarga regularizada (Q90% de garantia) ..... 0,093 m<sup>3</sup>/s;

### Adutora

Denominação ..... ADUTORAS DE MILHÃ e MONTE GRAVE;  
Objetivos ..... Atender às populações urbanas das localidades de Milhã, Monte Grave e comunidades difusas;  
Localização ..... Município de Milhã (CE);  
Extensão ..... 10.816 m (Milhã) e 7.740 (Monte Grave);  
Diâmetro da tubulação ..... 200 mm (Milhã) e 100 mm (Monte Grave);  
Pressão de serviço ..... 200 m.c.a (Milhã) e 100 m.c.a. (Monte Grave);  
Desnível geométrico ..... 143,50 m (Milhã) e 40,50 m (Monte Grave);

- Vazão de projeto .....23,81 l/s (Milhã) e 2,41 l/s (Monte Grave);
- Fonte hídrica..... Açude Capitão-mor;
- Obra de Captação (Flutuante)
- Número de conjuntos elevatórios ..... 01 + 01 reserva;
  - Vazão máx. por conjunto .....2.057 m<sup>3</sup>/dia;
  - Diâmetro do barrilete de sucção..... 200 mm;
  - Diâmetro do barrilete de recalque ..... 200 mm;
  - Nível máximo operacional .....cota de sangria = 183,50 m;
  - Nível mínimo operacional ..... cota de alerta = 179 m;
- Estação Elevatória de Água Bruta
- Número de conjuntos ..... 01 + 01 reserva;
  - Vazão por conjunto ..... 85,716 m<sup>3</sup>/h;
  - Altura manométrica estimada .....30 mca;
  - Potência de cada conjunto ..... 15,87 cv;
- Estação de Tratamento de Água
- Vazão ..... 90 m<sup>3</sup>/h;
  - Altura da câmara de carga ..... 7,0 m;
  - Diâmetro da câmara de carga ..... 1,0 m;
  - Diâmetro do filtro ascendente..... 2,0 m;
  - Altura total do filtro ascendente ..... 3,50 m;
  - Capacidade do reservatório apoiado de água tratada ..... 20 m<sup>3</sup>;
- Estação de bombeamento de água tratada
- Número de conjuntos eletrobombas.....01 + 01 (reserva);
  - Vazão por conjunto .....85,716 m<sup>3</sup>/h (Milhã) e 8,676 m<sup>3</sup>/h (Monte Grave);
  - Altura manométrica total ..... 75,51 mca (Milhã) e 50,14 mca (Monte Grave);
  - Potência por conjunto .....34,20 cv (Milhã) e 2,30 cv (Monte Grave);
- Reservação
- Localização ..... Município de Milhã (CE);
  - Capacidade..... 686 m<sup>3</sup> (Milhã) e 69 m<sup>3</sup> (Monte Grave).

## LOCALIZAÇÃO E ACESSOS



## LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

A barragem Capitão-mor localiza-se no município de Milhã, Estado do Ceará.

O município de Milhã localiza-se na região Central do Estado do Ceará com latitude 05°40'30" S e longitude 39°11'38" W, ocupa uma área de 525,2 Km<sup>2</sup>, com altitude média da sede em torno de 215 m acima do nível do mar. Limita-se ao Norte com Quixeramobim e Banabuiu, ao Sul com Deputado Irapuan Pinheiro e Solonópole, ao Leste com Solonópole e a Oeste com Quixeramobim e Senador Pompeu.

O acesso à cidade de Milhã pode ser feito, a partir de Fortaleza, da seguinte forma:

- Segue-se pela BR-116 no sentido de Russas até o Triângulo de Quixadá (70 Km). Daí, segue-se na direção Sul, pela CE-359/CE-060 (Estrada do Algodão), percorrendo uma distância de 200 Km até o Triângulo denominado Vinte. Deste, toma-se a direção Leste pela BR-226 percorrendo uma distância de 50 Km até a referida cidade. O percurso total estimado é de aproximadamente 320 Km.

Para deslocar-se até o eixo barrável do açude Capitão-Mor, o acesso pode ser feito, a partir da cidade de Milhã, da seguinte forma:

- Segue-se pela BR-226 no sentido Solonópole uma distância de 10,0 Km. Daí, segue-se por uma estrada vicinal (à esquerda), uma distância de 1,00 Km, chegando aos referidos eixos barráveis.

As figuras apresentadas a seguir, mostram o mapa de localização e acessos no contexto estadual e o mapa do município de Milhã.

Mapa de Localização no Contexto Estadual

Mapa Municipal

## I - VIABILIDADE TÉCNICA

**1 - VISITA DE CAMPO**

## 1 - VISITA DE CAMPO

De forma a se obter informações complementares aos dados disponíveis - necessárias para a identificação de alternativas de barramento, vertedouro, condições de fundação, materiais naturais de construção, interferências e programação dos serviços de campo, foi realizada, no mês de abril de 2002, uma visita de reconhecimento ao local da barragem.

O reconhecimento foi realizado no período de chuvas, com o local apresentando densa cobertura vegetal.

Os trabalhos desenvolvidos nesta etapa tiveram, por base, os estudos de Hierarquização de Barragens realizados pelo PROGERIRH - Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará, de 1997, e da proposta técnica apresentada pelo Consórcio ANB/HIDROSTUDIO, para os Estudos de Viabilidade Técnica, Ambiental, Econômica e Financeira das barragens.

Após a análise da documentação existente, procedeu-se um reconhecimento de campo que consistiu de caminhamento pelo leito do riacho, ombreiras e vertedouro do barramento, através de estradas, caminhos e abertura de picadas quando possível, de forma a se obter informações quanto a:

- espessura e natureza dos solos
- existência de afloramentos de rocha e seu grau de alteração
- estruturas geológicas como falhamentos, dobramentos, xistosidade, acamamentos, zonas de cisalhamento, juntas e fraturas, obtendo-se, sempre que possível, suas características como: atitude, tipo de preenchimento, espaçamento, rugosidade, etc.

Do ponto de vista geotécnico, foram observadas as condições de fundação do maciço da barragem e vertedouro, estabilidade de taludes naturais e escavados, e disponibilidade de materiais naturais de construção.

No local foram escolhidos três eixos alternativos de barragens, com seus respectivos vertedouros. Das três alternativas de eixo analisadas para o local, apenas uma foi indicada para o estudo de viabilidade.

Foram, também, observados e visitados os elementos que interferem diretamente com a cota de coroamento da barragem e do nível da água do reservatório.

A partir da visita de campo foi feita a programação dos serviços de levantamento topográfico, restituição na área do reservatório e investigações geológico-geotécnicas.

## 2 - LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS E PLANIALTIMÉTRICOS

## 2 - LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS E PLANIALTIMÉTRICOS

### 2.1 - SERVIÇOS EXECUTADOS

Foram executados os seguintes serviços topográficos:

- Levantamento de coordenadas do eixo barrável e do eixo do vertedouro, através do uso de GPS;
- Locação e nivelamento do eixo da barragem, com estaqueamento a cada 10 ou 20m (unid.(est.)=20m) - Estaca 00B à Estaca 24B, totalizando uma extensão de 480,00 metros;
- Levantamento cadastral ao longo do eixo da barragem, apresentando o nome dos proprietários, inclusive detalhando cercas, etc.;
- Levantamento de seções transversais, ao longo do eixo da barragem, com faixa variando de 12 m a 140 m, a cada 20m, com um número de 25 seções levantadas, com a respectiva extensão de 3.060,00 metros;
- Locação e nivelamento do eixo da transição entre o eixo da barragem e os eixos dos vertedouros A e B, com estaqueamento variável - Estaca TR1 à Estaca TR4, numa extensão de 2.300,00 metros;
- Levantamento cadastral ao longo do eixo de transição entre o eixo da barragem e os eixos dos vertedouros A e B apresentando o nome dos proprietários, inclusive detalhando cercas, casas, estradas, rede elétrica, etc.;
- Locação e nivelamento do eixo do vertedouro A, com estaqueamento a cada 20m - Estaca SA00 à Estaca SA05, com extensão de 100,00 metros;
- Locação e nivelamento do eixo transversal ao eixo do vertedouro A, com estaqueamento a cada 20m - Estaca 01A à Estaca 04A (Jusante) e Estaca 05A à Estaca 08A (Montante) com extensão de 160,00 metros;
- Levantamento cadastral ao longo do eixo do vertedouro A e ao longo do seu eixo transversal, apresentando o nome dos proprietários, inclusive detalhando cercas, estradas, etc.;
- Levantamento de seções transversais, ao longo do eixo transversal ao eixo do vertedouro A, com uma faixa variando de 90 a 140 m, com um número de 08 seções levantadas, com a respectiva extensão de 940,00 metros;
- Levantamento de seções transversais, ao longo do eixo do Canal de sangria à montante, com uma faixa levantada variando de 80 a 120 m, com um número de 08 seções levantadas, com a respectiva extensão de 780 metros;

- Locação e nivelamento do eixo do vertedouro B, com estaqueamento a cada 20m - Estaca SB00 à Estaca SB10, com extensão de 200 metros;
- Locação e nivelamento do eixo, transversal ao eixo do vertedouro B, com estaqueamento a cada 20,00 m - Estaca 01B a Estaca 06B (Montante) e Estaca 07B à 15B (Jusante), com extensão de 300,00 metros;
- Levantamento cadastral ao longo do eixo do vertedouro B e ao longo do seu eixo transversal, apresentando o nome dos proprietários, inclusive detalhando cercas, estradas, casas, etc.;
- Transporte de cota a partir da Estaca SB10 (vertedouro B) até a ponte do BR-226 com seus respectivos trechos com greide próximo ao nível da referida ponte, totalizando uma extensão total de aproximadamente 6,0km;
- Levantamento de seções transversais, ao longo do eixo transversal ao eixo do vertedouro B, com uma faixa variando de 120 a 160 m, com um número de 15 seções levantadas, com a respectiva extensão de 2.040 metros;

## 2.2 - METODOLOGIA ADOTADA

### 2.2.1 - Implantação de marcos com coordenadas

Foram materializados marcos na ombreira esquerda e direita da barragem conforme apresenta-se na planta baixa. As coordenadas verdadeiras destes marcos foram obtidas através da utilização de rastreadores de satélites GPS, marca Garmim, dispoendo de 12 canais, frequência L1e código CA. O datum horizontal de referência é o CÓRREGO ALEGRE - MG.

### 2.2.2 - Cotas do eixo da barragem

A cota geométrica referenciada ao sistema altimétrico nacional, foi obtida através de restituição com o apoio das coordenadas levantadas em campo. A partir da cota obtida e dos elementos de campo, foram calculadas as demais cotas.

### 2.2.3 - Locação, estaqueamento e nivelamento dos eixos da barragem principal, do vertedouro A (com respectivo eixo transversal) e do vertedouro B (com respectivo eixo transversal)

Os referidos eixos foram levantados com estaqueamento a cada 10 ou 20m (unid.(est.)=20m), inclusive com levantamento dos pontos notáveis como riachos, rio e vértices; as estacas foram então niveladas para dar origem ao levantamento das seções, enquadrando-se na precisão tolerável de  $10\text{mm} \sqrt{K}$ , onde  $k = \text{Km nivelados}$ . Este serviço foi executado através do uso de estação total TopCon - GTS 229 e prisma.



#### **2.2.4 - Levantamento de seções transversais aos eixos da barragem principal, do vertedouro A (com respectivo eixo transversal) e do vertedouro B (com respectivo eixo transversal)**

Nas estacas dos referidos eixos locados foram abertas seções transversais, variando de acordo com a necessidade de cada, com pontos levantados a cada 20m e detalhamento dos pontos críticos.

#### **2.2.5 - Levantamento cadastral**

Em função da locação dos eixos, foi realizado o levantamento cadastral pelo método de irradiação, com utilização de estação total TopCon - GTS 229 e Prisma. Neste levantamento foram considerados os nomes dos proprietários, o detalhamento de cercas, estradas, riachos, etc..

#### **2.2.6 - Transporte de cotas para a BR-226 (inclusive ponte)**

O referido transporte foi feito duas vezes (como confirmação) através do uso de estação total TopCon - GTS 229 e Prisma.

#### **2.2.7 - Cálculos topográficos**

Para dar maior precisão e agilidade, todos os cálculos topográficos realizados neste estudo, foram feitos a partir da utilização de um SOFTWARE específico para tais serviços, denominado SOFTDESK.

### **3 - DEFINIÇÃO DO N.A. MÁXIMO NORMAL DO RESERVATÓRIO**

### 3 - DEFINIÇÃO DO N.A. MÁXIMO NORMAL DO RESERVATÓRIO

Com base na visita de campo e nos levantamentos topográficos e de restituição aerofotogramétrica, percebeu-se que o barramento poderia ter condições topográficas de fechamento nas ombreiras até à cota 190 m.

No entanto, a interferência com a BR-226, em três trechos desta rodovia, com interferência total de cerca de 2.000 metros, mais a interferência com uma ponte de concreto, cujas faces inferiores das vigas estão na cota 185,00m, fez com que fosse estabelecido o N.A. máximo normal do reservatório na **cota 183,50m**, de modo que a passagem da cheia de projeto, cheia milenar, provoque a ocorrência de um nível d'água que ainda não atinja a cota 185,00 m, e que não inunde nenhum trecho da BR-226.

#### 4 - RESERVATÓRIO

#### 4 - RESERVATÓRIO

O reservatório a ser formado com a construção da Barragem Capitão-Mor, que pode ser visto Desenho n.º CM-01, ocupará uma área em sua superfície, para o nível d'água máximo normal de 183,50 m, igual a  $2,188 \times 10^6 \text{ m}^2$ , acumulando um volume total nesta cota de  $5,335 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

No Desenho n.º CM-05 é apresentada a curva cota x área x volume do reservatório.

Com base na série de volumes afluentes médios mensais do período histórico de 1921 a 1988, verifica-se que o reservatório apresenta baixa capacidade de regularização, ou seja, 20,5% da vazão média, com sangria de 16,3%, considerando-se a garantia de 90%, e que o seu regime de regularização é anual.

## 5 - ESTUDOS E INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS

## 5 - ESTUDOS E INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS

### 5.1 - ELEMENTOS DISPONÍVEIS

Para os estudos geológico-geotécnicos foram utilizados os documentos disponíveis e realizadas investigações de campo, conforme relacionado a seguir:

- Mapa da Bacia Hidráulica com Resenha Fotográfica, elaborado com base em levantamento da SUDENE na escala 1:50.000;
- Reconhecimento Topográfico nas escalas 1:2.000 (horizontal) e 1:200 (vertical) do perfil transversal e planta baixa do boqueirão (rio);
- Reconhecimento geológico-geotécnico de campo;
- Cinco sondagens à percussão (SPs-01 a 03 e SPs-06 e 07), realizadas no eixo da barragem; duas sondagens à percussão (SP-04 e 05), realizadas no eixo do vertedouro, e 12 sondagens a pá e picareta, denominadas SPP-01 e SPP-12, também realizadas no eixo da barragem.

### 5.2 - GEOLOGIA

O vale de implantação da barragem é aberto, com larga planície aluvial no seu fundo plano.

A Geologia local é representada por gnaisses e biotita-gnaisses do Complexo Nordestino, de idade pré-cambriana superior. No leito do riacho, ocorrem aluviões de natureza arenosa, de cores variadas, cascalho e argilas escuras com matéria orgânica.

A região é cortada por uma zona de cisalhamento crustal, relacionada à falha de Senador Pompeu, com direção geral NS. Essa orientação foi detectada nos afloramentos de rocha visitados, cuja xistosidade apresenta mergulho variável entre 5° e 10° para E ou W.

### 5.3 - ASPECTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS LOCAIS

As ombreiras da barragem apresentam solo residual proveniente da alteração do gnaisse com espessuras raramente superiores a dois metros. As sondagens a pá e picareta indicaram tratar-se de material silto-areno-argiloso, micáceo, com pedregulhos, de coloração cinzenta e bastante estruturados, com elevada capacidade de suporte. Foram paralisadas no impenetrável, ao atingir o topo da rocha.

Superficialmente, ocorrem blocos de rocha alterada dura de biotita-gnaisse. Também foram observados afloramentos de rocha alterada, conforme registrado no local previsto para a execução da sondagem SPP-02.

No leito do riacho, as sondagens à percussão indicaram espessuras de aluvião variáveis entre três e oito metros, sobre um metro e meio a três metros de solo residual de gnaisse. O pacote aluvial é constituído

por uma sucessão de camadas de areias finas, médias e grossas, com ou sem cascalho, de coloração cinza clara, com lentes de siltes areno-argilosos cinza-escuros.

Os solos residuais sob os aluviões são representados por areias finas siltosas micáceas, muito compactas, de coloração cinza clara.

No local de implantação do vertedouro, as sondagens SP-04 e 05 indicaram a existência de dois metros e meio a quatro metros de solo residual silto-arenoso, micáceo, de coloração predominantemente cinza clara, sobre o maciço rochoso de gnaise. O nível da água não foi detectado.

Tanto para a barragem de terra quanto para o vertedouro, as condições de fundação nos solos provenientes da alteração do gnaise e na própria rocha são adequadas, devido à sua elevada capacidade de suporte. A permeabilidade estimada para esses materiais é da ordem de  $10^{-4}$  cm/s, estando a percolação de água, no maciço rochoso, concentrada nas suas descontinuidades.

Os aluviões arenosos ou siltosos, quando medianamente compactos a compactos, também se prestam para fundação da barragem de terra. Suas permeabilidades devem variar entre  $10^{-3}$  e  $10^{-4}$  cm/s.



## 6 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS E DE REGULARIZAÇÃO

## 6 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS E DE REGULARIZAÇÃO

Os estudos hidrológicos e de regularização estão apresentados no Relatório de Hidrologia - Tomo 1.3, Fase II - Desenvolvimento dos Estudos Básicos e dos Anteprojetos das Barragens e Adutoras, Volume 1 - Estudos Básicos.

Neste Relatório Geral apresenta-se, de maneira a facilitar a compreensão dos dimensionamentos efetuados, os resultados obtidos a partir dos estudos hidrológicos, a saber, as vazões regularizadas e as vazões das cheias de projeto.

### 6.1 - ESTUDO DA VAZÃO DE REGULARIZAÇÃO

Utilizando a equação do balanço hídrico, os dados de precipitação e evaporação mensais da estação meteorológica Quixeramobim, bem como a curva Cota x Volume do Açude Capitão Mor e suas vazões mensais afluentes, determinou-se sua curva de garantia (%) x Vazão regularizada ( $\text{hm}^3/\text{ano}$ ) para a capacidade de  $5,335 \text{ hm}^3$  (cota = 183,5 m). A Tabela 8.1 e a Figura 6.1 apresentam os valores de Garantia x Vazão regularizada do Açude Capitão Mor.

Tabela 6.1 - Garantia versus Vazão regularizada do Açude Capitão Mor,  
para a Capacidade de  $5,335 \text{ hm}^3$  (cota = 183,5 m )

SANGRIA ANUAL (%)	SANGRIA (%)	GARANTIA (%)	VAZÃO REGULARIZADA ( $\text{HM}^3/\text{ANO}$ )
75,0	20,6	100,0	1,45488
70,6	20,0	99,0	1,60044
69,1	18,3	95,0	2,17992
63,2	16,3	90,0	2,92248
61,8	15,3	85,0	3,56304

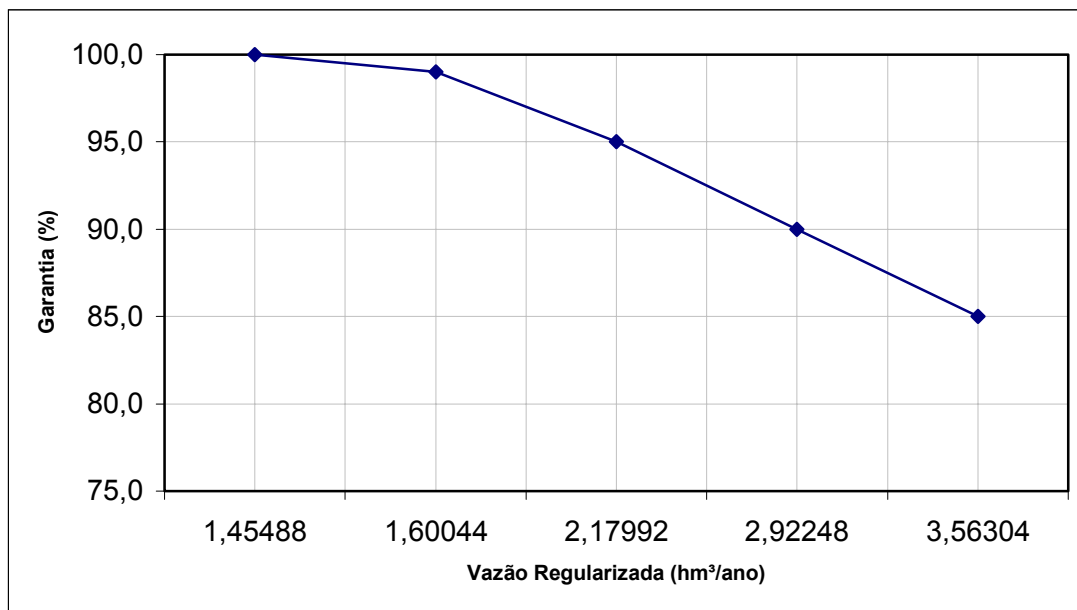


Figura 6.1 - Curva Garantia *versus* Vazão Regularizada do açude Capitão Mor, para a Capacidade de 5,335 hm<sup>3</sup> (cota = 183,5 m ).

## 6.2 - ESTUDO DA CHEIA DE PROJETO

A segurança e a economia de um açude está diretamente relacionada com a obtenção da cheia de projeto, a qual permitirá o dimensionamento adequado de seu vertedouro. Em açudes, onde há o perigo de grandes prejuízos e de perdas humanas, geralmente utilizam-se as cheias máximas milenares ou decamilenares.

### 6.2.1 - Metodologia Utilizada

A inexistência de série de dados fluviográficos de boa qualidade e de razoável extensão, torna inexorável a utilização de métodos indiretos na determinação da cheia de projeto do açude estudado.

Adotar-se-á, no presente estudo, a metodologia indireta do HEC-1, a qual se baseia em seu hidrograma unitário triangular do Soil Conservation Service e no parâmetro CN (Curve Number). Esse parâmetro CN representa o complexo solo-vegetação e seu relacionamento com a potencialidade da bacia na formação de picos de cheias.

Para a bacia do Açude Capitão Mor, obteve-se o valor CN igual a 78.

### 6.2.2 - Hidrograma Unitário Triangular do SCS

Para a obtenção do Hidrograma Unitário Triangular - HUT - , é necessária a determinação do tempo de concentração da bacia estudada,  $t_c$ , o que foi obtido pela fórmula de Kirpich:

$$t_c = 57 \times (L^3 / H)^{0,387} = 57 \times (27,24^3 / 122,6)^{0,387} = 406,8 \text{ min.} = \mathbf{6,78 \text{ horas}}$$

onde:

$t_c$  - tempo de concentração, em minutos;

L - comprimento do curso d'água principal, em km; e

H - desnível entre as cotas da cabeceira e do exutório da bacia, em m.

Após o cálculo do tempo de concentração -  $t_c$ , em horas, foram determinados os três parâmetros básicos do HUT do SCS, quais sejam:

$$t_r = t_c / 6 = 6,78 / 6 \cong \underline{1,13 \text{ horas}}$$

$$t_p = 0,5 \times t_r + 0,6 \times t_c = 0,5 \times 1,13 + 0,6 \times 6,78 \cong \underline{4,63 \text{ horas}}$$

$$t_b = 2,667 \times t_p = 2,667 \times 4,63 \cong \underline{12,37 \text{ horas}}$$

$$Q_p = \frac{(0,2081 \times A_{\text{bacia}} \times 1\text{mm})}{t_p} = \frac{(0,2081 \times 187,843)}{4,63} \cong \underline{8,44 \text{ m}^3/\text{s}}$$

onde:

$t_r$  - duração da chuva efetiva unitária do HUT, em horas;

$t_p$  - tempo decorrido até a vazão de pico do HUT,  $Q_p$ , em horas;

$t_b$  - tempo de base do HUT, em horas; e

$Q_p$  - vazão de pico correspondente à chuva efetiva unitária de 1mm, em  $\text{m}^3/\text{s}$ .

Na Figura 6.2 é mostrado o HUT de 1,13 horas do SCS, para o caso da bacia do Açude Capitão Mor.

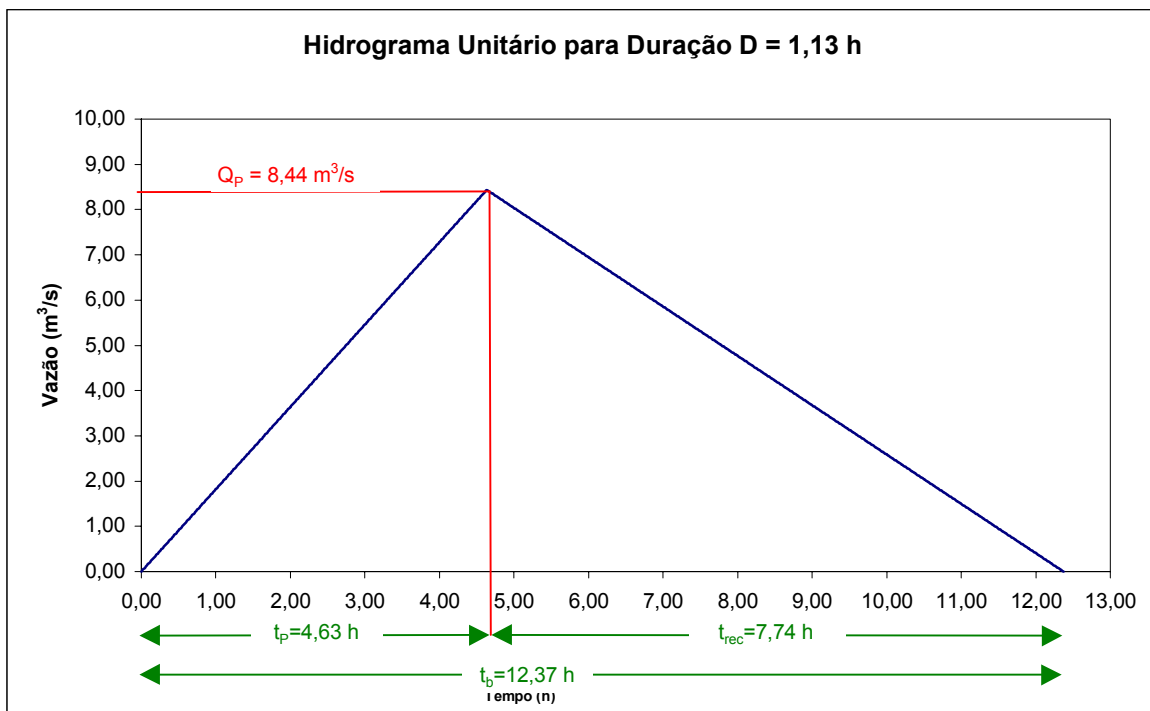


Figura 6.2 - Hidrograma unitário triangular do SCS para duração de 1,13 horas

### 6.2.3 - Hidrogramas das Cheias de Projeto

Para a obtenção dos hidrogramas das cheias de projeto, correspondentes aos tempos de retorno de 1.000 e 10.000 anos, utilizando a metodologia do HEC-1, tornou-se necessário, inicialmente, a determinação do hidrograma efetivo balanceado com duração igual ao tempo de concentração da bacia estudada, para os referidos períodos de retorno.

As chuvas intensas na bacia foram obtidas através da metodologia de TABORGA-TORRICO, conforme descrito anteriormente.

As chuvas intensas efetivas na bacia foram obtidas através da equação do SCS, em unidades do S.I.:

$$P_{\text{efetiva}} = \frac{[P - (5080/CN) + 50,8]^2}{[P + (20320/CN) - 203,2]}$$

onde:

P<sub>efetiva</sub> - chuva intensa efetiva na bacia, em mm;

P - chuva intensa na bacia, em mm; e

CN - parâmetro CN - "Curve Number" - do SCS.

Com o CN = 78 - obtido anteriormente - da bacia estudada, obtiveram-se as chuvas intensas efetivas para os tempos de retorno escolhidos.

**Tabela 6.2 - Cálculos do hietograma efetivo balanceado da bacia do açude Capitão Mor, para duração igual ao tempo de concentração e período de retorno de 1.000 anos**

D(h)	P <sub>acumulada</sub> (mm)	P <sub>efetiva acumulada</sub> (mm)	P <sub>efetiva</sub> (mm)	P <sub>efetiva ordenada</sub> (mm)	P <sub>efetiva balanceada</sub> (mm)
1,13	90,82	39,49	39,49	5,06	6,13
2,26	112,81	57,01	17,51	6,13	10,74
3,39	125,67	67,75	10,74	7,79	39,49
4,52	134,80	75,54	7,79	10,74	17,51
5,65	141,88	81,67	6,13	17,51	7,79
6,78	147,66	86,73	5,06	39,49	5,06

**Tabela 6.3 - Cálculos do hietograma efetivo balanceado da bacia do açude Capitão Mor, para duração igual ao tempo de concentração e período de retorno de 10.000 anos**

D(h)	P <sub>acumulada</sub> (mm)	P <sub>efetiva acumulada</sub> (mm)	P <sub>efetiva</sub> (mm)	P <sub>efetiva ordenada</sub> (mm)	P <sub>efetiva balanceada</sub> (mm)
1,13	100,50	47,05	47,05	6,07	7,37
2,26	126,29	68,27	21,22	7,37	12,96
3,39	141,37	81,23	12,96	9,38	47,05
4,52	152,07	90,61	9,38	12,96	21,22
5,65	160,37	97,98	7,37	21,22	9,38
6,78	167,15	104,05	6,07	47,05	6,07

Aplicando os hietogramas efetivos balanceados da bacia do açude Capitão Mor ao H.U.T. de 0,57 horas de duração da bacia, obtiveram-se os hidrogramas das cheias de projeto, para os tempos de retorno de 1.000 e 10.000 anos, conforme mostrados na Figura 8.3.

Na Tabela 6.4 são apresentadas as vazões de pico dos hidrogramas das cheias de projeto, para os tempos de retorno de 1.000 e 10.000 anos.

**Tabela 6.4 - Vazões de pico dos hidrogramas das cheias de projeto para os tempos de retorno de 1.000 e 10.000 anos**

Tempo de Retorno (anos)	Vazões de Pico dos Hidrogramas das Cheias de Projeto (m <sup>3</sup> /s)
1.000	603,94
10.000	723,87

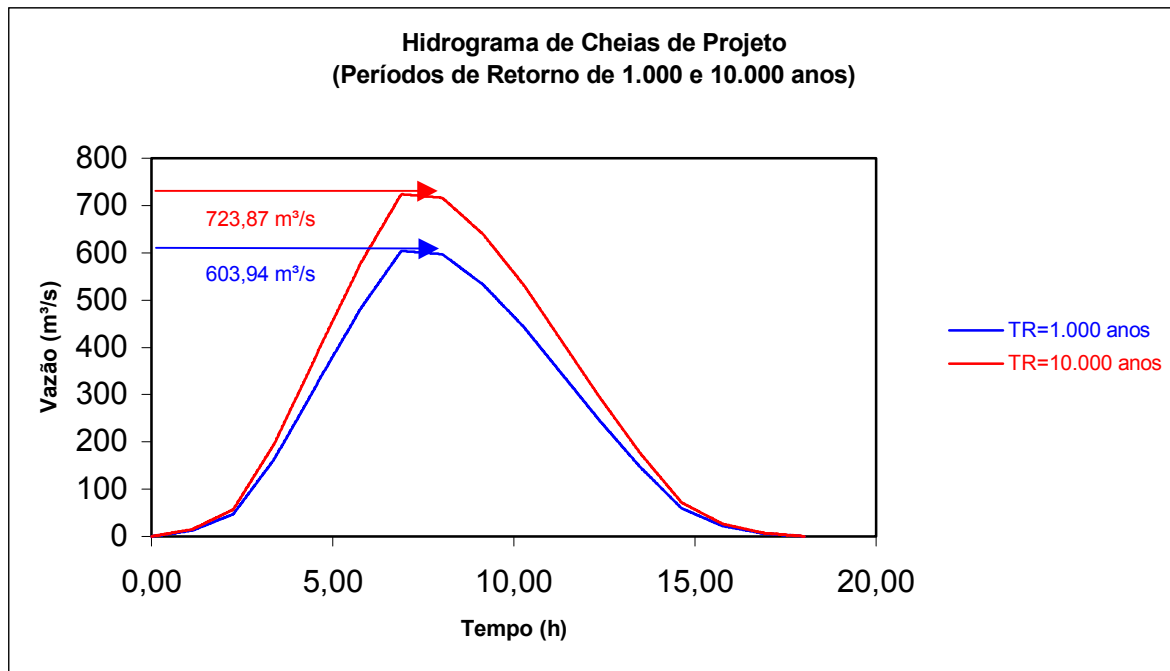


Figura 6.3 - Hidrogramas das cheias de projeto, para os tempos de retorno de 1.000 e 10.000 anos.

## 7 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS



## 7 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS

### 7.1 - CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DOS MATERIAIS DE EMPRÉSTIMO

#### 7.1.1 - Solos

Foram localizadas duas áreas de empréstimo para fornecimento de solo impermeável para construção do maciço compactado da barragem

A jazida n.º 1 está situada na ombreira esquerda junto ao eixo da barragem e foi investigada através de 12 furos de sondagem a trado. A jazida n.º 2 está situada na ombreira direita e foi investigada através de 10 furos a trado. Os furos de sondagem foram rasos sendo encontrada a alteração de rocha a cerca de 1,00 m de profundidade.

O material encontrado é constituído por areia silto argilosa com pedregulho .

Foram realizados 10 ensaios de caracterização (granulometria por peneiramento e Limites de Atterberg) e 10 ensaios de compactação

Os ensaios mostraram que a fração granulométrica predominante é constituída por areia (41 a 62%), seguida da fração silto-argilosa (24 a 48%), complementada pela fração pedregulho (6 a 27%).

Os ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade mostraram que o material localiza-se em torno da linha A, ora abaixo ora acima desta, sendo portanto classificado como ML ou CL.

Os ensaios de compactação mostraram umidade ótima variando de 12 a 14% e densidade seca máxima variando de 1,780 a 1,870 kg/m<sup>3</sup>.

Nos Desenhos n.º CM-07 e CM-08 estão apresentados os resultados dos ensaios e a localização das áreas investigadas.

#### 7.1.2 - Areia

Foram localizadas duas jazidas de areia. O areal n.º 1 localiza-se no riacho Capitão Mor junto ao eixo da barragem e foi investigado através de 9 furos de sondagem a trado.

O areal n.º 2 localiza-se no riacho do Sangue e foi investigado através de 7 furos de sondagem a trado.

As análises granulométricas realizadas mostraram a ocorrência predominante de areia grossa (40 a 60%), seguida da fração areia média (20 a 40%), areia fina (5 a 15%) e pedregulho (10 a 20%).

Foram realizados dois ensaios de permeabilidade com carga constante que mostraram valores de  $2,8 \times 10^{-3}$  e  $1,9 \times 10^{-3}$  cm/s.

Nos Desenhos n.º CM-07 e CM-08 estão apresentados os resultados dos ensaios e a localização das áreas investigadas.

### **7.1.3 - Pedreiras**

A obtenção de rocha de qualidade para agregado de concreto, enrocamento e transições será feita na própria escavação obrigatória do vertedouro e canais de aproximação e restituição.

Além disso foram identificadas 3 pedreiras. A pedreira n.º 1 dista 300m a montante do eixo, a pedreira n.º 2 dista 1.000m a jusante do eixo e a pedreira n.º 3 dista 1.800m a jusante do eixo.

## **7.2 - FUNDAÇÃO DA BARRAGEM**

A fundação da barragem foi investigada através de 12 sondagens a percussão que mostraram as duas ombreiras da barragem cobertas por delgada camada de solo residual sobre o topo rochoso. Já no leito do rio ocorrem espessas camadas de solos aluvionares constituídos por argila siltosa e areias com cascalho com espessura de até cerca de 10,0m.

Ensaio de infiltração realizados nas sondagens executadas na fundação da barragem mostraram valores de permeabilidade variando de  $9,5 \times 10^{-7}$  a  $4,2 \times 10^{-4}$  cm/s.

No Desenho n.º CM-02 pode ser vista a seção geológica-geotécnica pelo eixo da barragem.

## **7.3 - FUNDAÇÃO DO VERTEDOIRO**

Foram realizados 5 poços de inspeção na sela topográfica do vertedouro, sendo encontrada rocha praticamente aflorante.

As escavações para implantação dos canais de aproximação e restituição resultarão em material de enrocamento que será utilizado na construção do maciço de enrocamento compactado da barragem no trecho jusante.

Este material também será utilizado como enrocamento de proteção do talude de montante da barragem.

No Desenho n.º CM-02 pode ser vista a seção geológico-geotécnica pelo eixo do vertedouro.

## 8 - ESTUDOS HIDRÁULICOS

## 8 - ESTUDOS HIDRÁULICOS

### 8.1 - VAZÃO PELO VERTEDOURO

O vertedouro adotado é do tipo livre, com perfil da soleira vertente tipo Creager. Em função das condições de arranjo e dos estudos de amortecimento de cheias no reservatório, estabeleceu-se o comprimento da crista igual a 150 metros.

A vazão pelo vertedouro é dada pela seguinte expressão:

$$Q = C.L.H^{3/2}$$

Onde:

$Q$  é a vazão pelo vertedouro, em m<sup>3</sup>/s;

$C$  é o coeficiente de vazão, cujo valor adotado é 2,0;

$L$  é o comprimento da crista do vertedouro, em m,

$H$  é a carga hidráulica sobre a crista do vertedouro, em m.

O amortecimento das cheias de 1.000 e 10.000 anos foi efetivado através da utilização da curva cota x volume apresentada no tabela 10.1 e da metodologia de Puls, que é dada pela equação:

$$V_{i+1} + \frac{1}{2}(QE_{i+1}) \times DT = (V_i - \frac{1}{2}(QE_i) \times DT) + \frac{1}{2}(QA_i + QA_{i+1}) \times DT$$

Onde:

$V$  - volume acumulado no açude, em metros cúbicos;

$QA$  - vazão afluente ao açude, em metros cúbicos por segundo;

$QE$  - vazão efluente ao açude, em metros cúbicos por segundo;

$DT$  - intervalo de tempo utilizado.

**Tabela 8.1 - Valores de cota versus volume do Açude Capitão Mor.**

<b>COTA (m)</b>	<b>ACUMULADO (hm<sup>3</sup>)</b>
175,0	0,000000
176,0	0,020415
177,0	0,051423
178,0	0,071113
179,0	0,364055
180,0	0,886055
181,0	1,693777
182,0	2,843885
183,0	4,393042
183,5	5,334972
184,0	6,397914
185,0	8,915162
186,0	12,001452
187,0	15,713447
188,0	20,107810
189,0	25,241206
190,0	31,170298
191,0	37,951750
192,0	45,642226
193,0	54,298390
194,0	63,976905
195,0	74,734436
196,0	86,627645
197,0	99,713198
198,0	114,047757
199,0	129,687987
200,0	146,690551

Considerando o volume do Açude Capitão Mor em sua cota de sangria de 183,5 metros, com largura do vertedouro de 150 metros, bem como a utilização da metodologia de Puls, obtiveram-se as cheias efluente para os tempos de retorno de 1.000 e 10.000 anos, respectivamente. Nas figuras 10.1 e 10.2 são apresentadas as cheias afluentes e efluentes para os tempos de retorno de 1.000 e 10.000 anos.

Na tabela 8.2 são apresentadas as vazões de pico afluentes e efluentes e respectivas lâminas efluentes, para os tempos de retorno de 1.000 anos e 10.000 anos.

Tabela 8.2 - Vazões de pico afluentes e efluentes

Tempo de Retorno de 1.000 anos			Tempo de Retorno de 10.000 anos		
$Q_{\text{pico\_afluente}}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$Q_{\text{pico\_efluente}}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Lâmina efluente (m)	$Q_{\text{pico\_afluente}}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$Q_{\text{pico\_efluente}}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Lâmina efluente (m)
603,94	536,49	1,47	723,87	651,07	1,68

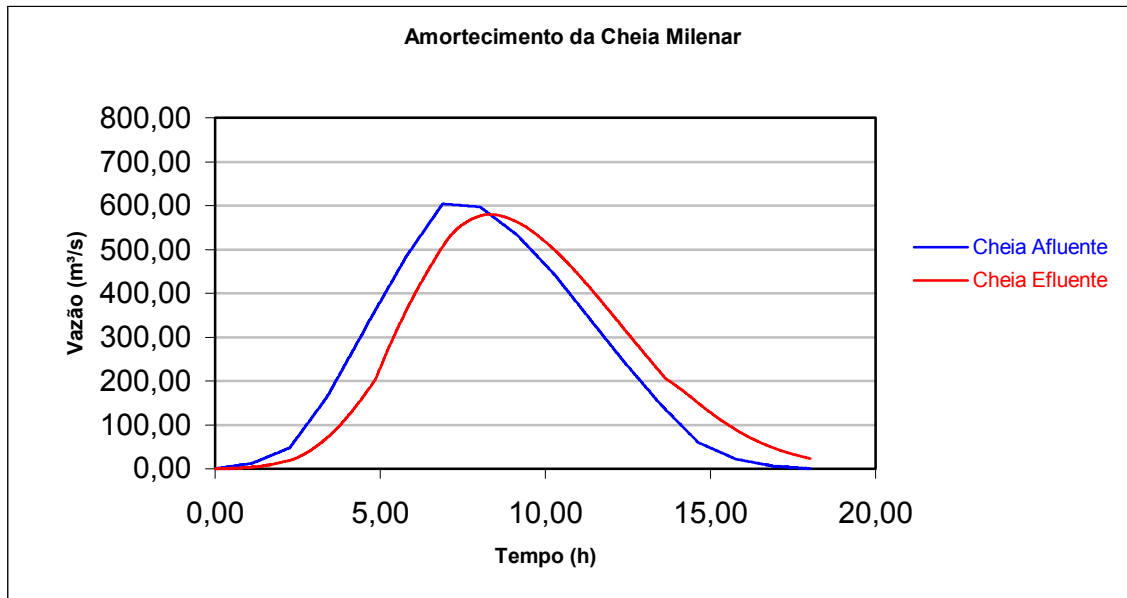


FIGURA 8.1 - Amortecimento da cheia milenar para cotas do vertedouro do Açude Capitão Mor

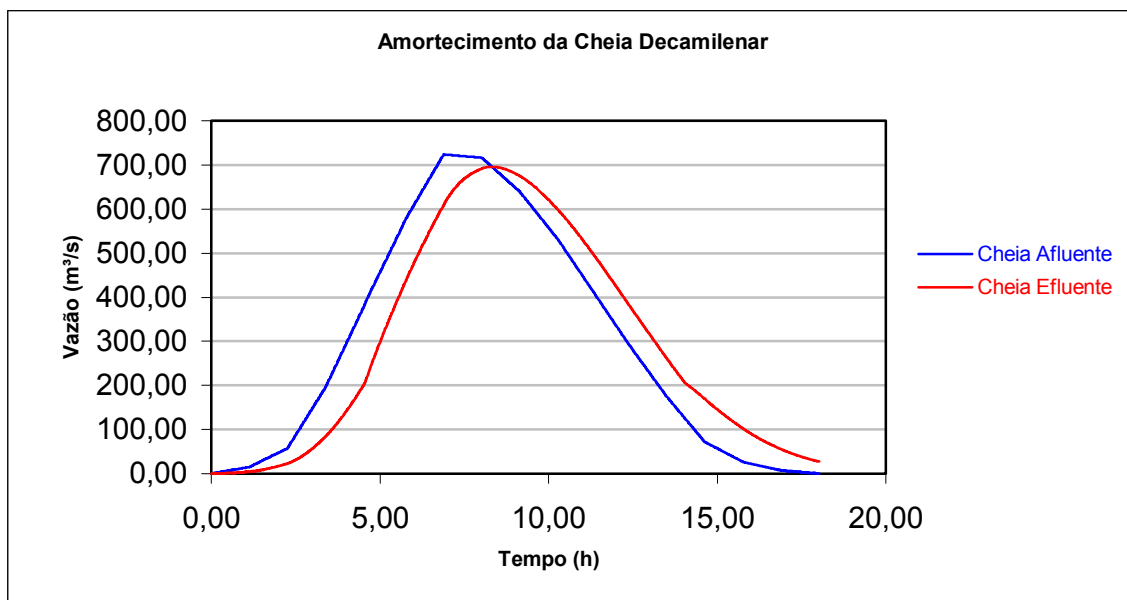


FIGURA 8.2 - Amortecimento da cheia decamilenar para cotas do vertedouro do Açude Capitão Mor

## 8.2 - BORDA LIVRE

A borda livre ou folga da barragem é a diferença de cota entre o coroamento e o nível d'água máximo para a cheia de projeto, considerada a cheia milenar.

Para o cálculo da borda livre foi utilizada a metodologia a seguir apresentada.

### a) Cálculo do Fetch

O fetch é o comprimento efetivo máximo da área de influência da superfície do reservatório, sobre o qual a ação do vento provocará a formação de ondas.

O cálculo do fetch está apresentado no Desenho n.º CM-06, tendo sido obtido o valor de 0,83 km.

### b) Cálculo da Altura da Onda

A altura da onda formada pela ação do vento sobre o reservatório é dada pela expressão:

$$h = 0,75 + 0,34(F)^{1/2} - 0,26(F)^{1/4} \text{ para } F < 18Km$$

sendo:

$h$  = altura da onda (m)

$F$  = comprimento máximo da área de influência (km)

Portanto, vem:

$$h = 0,75 + 0,34(0,83)^{1/2} - 0,26(0,83)^{1/4}$$

$$h = 0,81m$$

### c) Cálculo da Velocidade da Onda

A velocidade da onda é pela expressão:

$$v = 1,5 + 2.h$$

sendo:

$v$  = velocidade da onda (m/s)

$h$  = altura da onda (m)

$$v = 1,5 + 2.0,81$$

$$v = 3,12m / s$$

d) Cálculo da Borda Livre

A borda livre ( $f$ ) é dada pela expressão:

$$f = 0,75h + \frac{(v^2)}{2g}$$

sendo:

$$f = \text{altura da borda livre (m)}$$

$$h = \text{altura da onda (m)}$$

$$v = \text{velocidade da onda (m/s)}$$

$$f = 0,75 \cdot 0,81 + \frac{(3,12^2)}{2g}$$

$$f = 1,10m$$

### 8.3 - COTA DA BARRAGEM

A cota da barragem será definida de modo a atender aos dois seguintes critérios:

Nível d'água para a cheia milenar mais a borda livre calculada em função do fetch; e

Nível d'água para a cheia decamilenar mais folga de 0,60m.

- Para o primeiro critério, vem:

$$C = H + f + s$$

sendo:

$$C = \text{cota da crista da barragem (m)}$$

$$H = \text{carga hidráulica sobre o vertedouro para a cheia milenar (m)}$$

$$f = \text{borda livre}$$

$$s = \text{cota da crista da soleira do vertedouro (m)}$$



Então, vem:

$$c = 1,47 + 1,10 + 183,50$$

$$c = 186,07m$$

- Para o segundo critério, vem:

$$C = H + f + s$$

sendo:

$C$  = cota da crista da barragem (m)

$H$  = carga hidráulica sobre o vertedouro para a cheia decamilenar

$f$  = borda livre de 0,60m

$s$  = cota da crista da soleira do vertedouro (m)

Então, vem:

$$C = 1,68 + 0,60 + 183,50$$

$$C = 185,78m$$

Portanto, a cota da crista da barragem foi estabelecida na el. **186,10 m**.

## 9 - DESCRIÇÃO DO ARRANJO GERAL DAS OBRAS

## 9 - DESCRIÇÃO DO ARRANJO GERAL DAS OBRAS

A topografia no eixo escolhido para o barramento se apresenta na forma de um vale bastante aberto, sendo que as ombreiras apresentam maior inclinação apenas nas extremidades da barragem. As condições geológico-geotécnicas do eixo trouxeram um condicionante fundamental no arranjo, que é o fato de não haver condições de fundação adequadas ao longo do eixo para implantação de uma estrutura de concreto.

Isto fez com que no eixo escolhido seja prevista a implantação de uma barragem mista de terra/enrocamento, sendo o vertedouro então implantado numa sela existente na ombreira direita.

Dado o caráter não perene do riacho Capitão-Mor, no presente estudo não foram contempladas obras de desvio, uma vez que a barragem deverá ser construída no período de estiagem. Entretanto, ressalta-se que, quando da execução das obras, o empreiteiro deverá ter feito um planejamento da eventual colocação de dispositivos que permitam a limpeza e tratamento das fundações e a construção do próprio maciço da barragem, caso ocorram pequenas vazões.

Na ombreira direita está prevista a implantação de uma estrutura para tomada d'água, a partir da qual será feita a adução da vazão para o abastecimento.

O arranjo geral das obras pode ser visto no Desenho n.º CM-03.

**10 - BARRAGEM**

## 10 - BARRAGEM

Na escavação da fundação da barragem de terra deve-se remover os aluviões arenosos fofos superficiais com espessura estimada em 2,00 m.

O maciço da barragem será zoneado sendo constituído pelas areias silto-argilosas investigadas nas áreas de empréstimo, compactadas, a montante, e por enrocamento compactado a jusante, proveniente das escavações em rocha do vertedouro e canais de aproximação e restituição.

São previstas duas camadas de transição entre o maciço de enrocamento e o maciço de terra bem como entre o maciço de enrocamento e o solo de fundação.

Tendo em vista a baixa pluviosidade local é necessário minimizar-se as vazões de infiltração, bem como reduzir-se os gradientes de saída de percolação pela fundação da barragem.

Para tal é prevista a execução de uma cortina impermeável na fundação constituída por diafragma plástico. que deverá atravessar as camadas aluvionares, sendo engastada na rocha de fundação impermeável.

Em fases posteriores de detalhamento do projeto será realizada investigação criteriosa e detalhada da permeabilidade dos materiais aluvionares da fundação da barragem. Os dados obtidos poderão viabilizar alternativas para redução da vazão de infiltração da fundação através de tapete impermeável a montante e controle dos gradientes de saída através de trincheira drenante a jusante.

No pé de jusante da barragem é prevista a instalação de uma linha de poços de alívio com espaçamento inicial de 15,0m atravessando toda a camada de solo até a rocha de fundação para alívio de eventuais subpressões.

O talude de montante será protegido com enrocamento com diâmetro médio de 0,5 m e espessura de 1,0 m.

Abaixo desta camada será colocada uma camada de transição de material bem graduado que será estendida à crista da barragem.

A implantação, a seção típica e o perfil longitudinal da barragem podem ser vistos nos Desenhos n.º CM-03 e CM-04.

**11 - VERTEDOURO**

## 11 - VERTEDOURO

O vertedouro será implantado na ombreira direita, em uma sela existente próximo ao eixo da barragem, onde as condições de fundação são apropriadas para receber uma estrutura de concreto.

O vertedouro terá soleira livre com crista na cota 183,50 m e comprimento de 150 m. O perfil vertente será do tipo Creager, com coeficiente de descarga igual a 2,0.

A estrutura estará encaixada em rocha, sendo tanto o canal de aproximação quanto o canal de restituição escavados na cota 181,00 m. A estrutura do vertedouro terá, no sentido do fluxo, dimensão de 10 metros, sendo os taludes em rocha protegidos por muros laterais de concreto.

A jusante do vertedouro, a água escoará por um talvegue natural, até atingir o leito do riacho Capitão-Mor cerca de 600 metros a jusante da barragem.

Para o dimensionamento do vertedouro, fez-se o estudo de laminação através da utilização das cheias milenar e decamilenar, conforme descrito no item 10, cujos resultados estão apresentados na Tabela 11.1 a seguir.

Tabela 11.1 - Carga Hidráulica sobre o Vertedouro

<b>Cheia</b>	<b>Vazão de pico afluente (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Vazão de pico efluente (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Carga Hidráulica (m)</b>
Milenar	603,94	536,49	1,47
Decamilenar	723,87	651,07	1,68

A implantação, a seção típica e o perfil longitudinal no eixo do vertedouro podem ser vistos nos Desenhos n.º CM-03 e CM-04.

**12 - TOMADA D'ÁGUA**



## 12 - TOMADA D'ÁGUA

A tomada d'água para a adutora será implantada na ombreira direita, junto à barragem de terra. A vazão a ser aduzida é de  $0,093\text{m}^3/\text{s}$  considerando-se a garantia de 90%.

Foi prevista uma estrutura tipo torre, com passarela de acesso a partir da crista da barragem. A estrutura será dotada de grade removível e comporta plana tipo adufa com dimensões  $0,30 \times 0,30\text{m}$ .

Na ranhura da grade poderá ser colocada uma comporta ensecadeira, no caso da necessidade de executar-se manutenção na adufa.

A partir da adufa quadrada, será feita uma transição de seção para tubo circular de diâmetro  $0,30\text{ m}$ . Este tubo atravessa a fundação da barragem transversalmente, e logo a jusante do pé da barragem prevê-se a instalação de um registro no interior de uma caixa.

A cota da soleira da tomada d'água está prevista na el.  $179,00\text{ m}$ , de modo a deixar um pequeno volume no fundo do reservatório, cuja cota é aproximadamente  $177,00\text{m}$ , para acúmulo de sedimentos.

A posição da tomada d'água e a sua seção típica podem ser vistos nos Desenhos n.º CM-03 e CM-04.



## **13 - ADUTORA**

Do açude Capitão-mor foi prevista uma adutora com o objetivo de atender a comunidade de Barra do Cipó e a sede do município de Milhã. Da referida adutora também foi previsto um ramal para atender os distritos de Cipó, Baixa-verde ( incluindo a comunidade conjugada de Lagoa Nova) e Monte Grave.

### **13.1 - JUSTIFICATIVA**

A população das localidades a serem beneficiadas pelas adutoras, não dispõem de água para consumo humano em quantidade e qualidade adequadas. O abastecimento daquelas comunidades é feito a partir de fontes pouco seguras. Tratam-se de pequenos reservatórios que captam as águas no período chuvoso e que na estação seca praticamente esvaziam.

Para atender às demandas locais, é necessário que se façam severos racionamentos e ainda se complemente o fornecimento de água para o abastecimento humano com carros-pipa.

Esse quadro tem agravado o empobrecimento das pessoas daquelas localidades e impedido o desenvolvimento econômico sustentável.

### **13.2 - OBJETIVO**

O objetivo das adutoras planejadas é garantir o fornecimento de água às localidades por elas alcançadas em termos de quantidade e qualidade. O fornecimento da água bruta até as estações de tratamento locais e a implantação de estações de tratamento complementares, bem como a inclusão de reservatórios de distribuição, são objetos deste Anteprojeto.

### **13.3 - SITUAÇÃO ATUAL DO ABASTECIMENTO**

#### **13.3.1 - População alvo**

A população a ser beneficiada pelo projeto é a população da sede municipal de Milhã, além de comunidades difusas situadas ao longo da adutora e do ramal previsto. Tratam-se de pessoas, em sua grande maioria, de baixa renda. Suas principais fontes de renda são as aposentadorias rurais e a agricultura de subsistência. Em menor proporção, ocupam-se com empregos da prefeitura, pecuária e pequeno comércio.

A seguir mostra-se um resumo da situação local do abastecimento de água comunidade por comunidade.

### 13.3.1.1 - Situação atual da sede de Milhã

A localidade de Milhã conta com sistema de abastecimento de água de acordo com arranjo mostrado na figura seguinte.

Os componentes do sistema são:

Manancial: .....01 - Rio Banabuiu (Perenizado pelo açude Patu, que foi inaugurado em 1987 e nunca atingiu sua capacidade máxima, estando com apenas 20% da capacidade em 2001);

02 - Riacho Jenipapeiro (Barrado pelo açude particular Jatobá, que secou em 2001), volume=2 hm<sup>3</sup>;

03 - Riacho S/D/O (Barrado pelo açude Monte Sombrio, que por sua vez seca todo ano), volume = 1,2 hm<sup>3</sup>.

Captação: .....01 - (Rio Banabuiu) - Estação de bombeamento fixa, sendo uma reserva (1+1);

02 - (Açude Jatobá) - Estação de bombeamento flutuante, sendo uma reserva (1+1);

03 - (Açude Monte Sombrio) - Estação de bombeamento flutuante, sendo uma reserva (1+1).

Adutora de água bruta(recalque): .....01 - (Rio Banabuiu - Aç. Jatobá) - tubulação (PVC) com 12 km + 3 km, DN=150mm; + trecho gravitário de tubulação (PVC) com 2 km, DN=150 mm. Recentemente construída;

02 - (Ac. Jatobá - ETA) - tubulação (FoFo) com 12 km, DN=150 mm. Apresenta estado de conservação regular;

03 - (Aç. Monte Sombrio - ETA) - tubulação (cimento amianto) com 0,5 km, DN=150 mm.

Adutora de água tratada(recalque): . (ETA - Sede do Município de Milha) - tubulação (PVC) com 4,00 km, DN=150mm.

#### Estação elevatória

(captação e recalque): .....01a - (Rio Banabuiu - Aç. Jatobá) Estação de bombeamento fixa com um conjunto eletrobomba (1+1), acionado por motor com potência 40 CV; Vazão de 40m<sup>3</sup>/h; e altura manométrica de 40 m.c.a.

01b - (Rio Banabuiu - Aç. Jatobá) Estação de bombeamento fixa com um conjunto eletrobomba (1+1), acionado por motor com potência 25 CV; Vazão de 40m<sup>3</sup>/h; e altura manométrica de 15 m.c.a.

02 - (Aç. Jatobá - ETA) Estação de bombeamento flutuante com um conjunto eletrobomba (1+1), acionado por motor com potência 15 CV; Vazão de 29m<sup>3</sup>/h; e altura manométrica de 35 m.c.a.

03 - (Aç. Monte Sombrio - ETA) Estação de bombeamento flutuante com um conjunto eletrobomba (1+1), acionado por motor com potência 15 CV; Vazão de 45m<sup>3</sup>/h; e altura manométrica de 30 m.c.a.

(recalque - água tratada): (ETA - Sede do Município de Milha) Estação de bombeamento fixa com um conjunto eletrobomba, acionado por motor com potência 15 CV e Vazão de 40m<sup>3</sup>/h.

#### Estação de Tratamento

de Água (ETA): .....Filtração (02 filtros hemifibra) de fluxo ascendente. Colocação de cloro gasoso e sulfato de alumínio. Capacidade de tratamento de 40 m<sup>3</sup>/h.

Reservação: .....Reservatório Elevado de distribuição com volume de 180 m<sup>3</sup>, na entrada da cidade de Milhã. Reservatório Apoiado de 45 m<sup>3</sup> na ETA (Monte Sombrio).

Distribuição: .....Dispõe de rede em cerca de 80% da localidade, com 1500 (94 %) de ligações domiciliares ativas, 100 (6%) de ligações domiciliares inativas, perfazendo um total de 1.600 (100%), sendo que cerca de 1.280 (80%) são dotadas de hidrômetros.

Obs.: I - Na presente data (Janeiro/2003) o açude Monte Sombrio encontra-se seco e a referida captação já foi desativada, adotando-se a segunda opção que é a captação no açude Jatobá (com capacidade suficiente apenas para três meses e na dependência da boa vontade de um proprietário particular). Caso estes mananciais não sejam imediatamente reabastecidos por um período chuvoso, será adotada a terceira opção que é a indesejável captação no rio Banabuiu que implica em uma situação desfavorável devido o alto custo de operação, a impossibilidade de manutenção nos trechos dentro de propriedades particulares, a dependência de um outro município através da liberação de água na válvula do açude Patu (nem sempre favorável) e a péssima qualidade da água proveniente do referido rio que ao ser perenizado margeia a cidade de Senador Pompeu recebendo a maioria dos esgotos da mesma, para depois ser captada pelo sistema.

Obs.: II - A água é diretamente distribuída nas unidades domiciliares da sede do município de Milhã e somente quando completamente abastecidas é que inicia o abastecimento do reservatório elevado de distribuição da mesma.

FIGURA - ARRANJO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA - MILHÃ

#### 13.3.1.2 - Situação atual da localidade Barra do Cipó

A localidade não dispunha em dezembro de 2002 de sistema de abastecimento de água. O atual abastecimento da comunidade composta por 110 residências é feito a partir de um barreiro situado a 1,0 km através do transporte feito com uso de animais. Quando o referido barreiro seca, adota-se o abastecimento de água a partir do açude Uberaba, situado a 25,0 km, através do transporte feito por caminhão-pipa e armazenamento em uma cisterna ( $V=12\text{ m}^3$ ) a cada 2 dois dias.

#### 13.3.1.3 - Situação atual do distrito de Cipó

O distrito de Cipó não conta com sistema de abastecimento de água. A água para abastecimento da comunidade com 115 residências vem dos dois poços amazonas existentes no leito do riacho de mesma denominação e é transportada através do uso de animais.

#### 13.3.1.4 - Situação atual do distrito de Baixa Verde

A localidade não dispunha de sistema de abastecimento de água. O atual abastecimento da comunidade composta por 180 residências é feito a partir de um barreiro situado a 0,3 km através do transporte feito com uso de animais. Como o referido barreiro seca anualmente no verão, adota-se o abastecimento d'água a partir do açude Lagoinha, situado a 30,0 km, através do transporte feito por caminhão-pipa e armazenamento em uma cisterna com volume =  $15\text{ m}^3$  na Baixa Verde e outra com volume =  $8\text{ m}^3$  na Fazenda Nova.

#### 13.3.1.5 - Situação atual do distrito de Monte Grave

A localidade, composta de 96 residências, não possui sistema de abastecimento de água. O atual abastecimento da comunidade é feito a partir de um barreiro situado a 1,0 km através do transporte feito com uso de animais. Quando o referido barreiro anualmente seca no verão, adota-se o abastecimento d'água a partir do açude Lagoinha, situado a 34,0 km, através do transporte feito por caminhão-pipa e armazenamento em uma cisterna com volume =  $30\text{ m}^3$  e outras duas com volume =  $7\text{ m}^3$ . Excetuando o caso de declaração de estado de calamidade pública, a população paga R\$ 10,00/6m<sup>3</sup>.

A referida localidade conta com uma boa infra-estrutura composta de casa de lapidação de pedra semi-preciosa, escola de 1º grau, hospital, posto de saúde, clube, casa de beneficiamento de mandioca, casa de beneficiamento de castanha de caju, mini-usina de leite, centro social e agência dos correios.

### 13.4 - ESTUDO DE ALTERNATIVAS

O estudo de alternativa baseou-se em reconhecimento de campo e avaliação de traçados em cartas da SUDENE na escala 1:100.000.

A região não dispõe de reservas subterrâneas que permitam a sua utilização para o abastecimento humano local. Os poços da área tem baixa vazão e sua água é muito salina inadequada para o consumo humano.

O único manancial superficial disponível com condições de fornecer água com níveis de garantia de abastecimento adequados é o Açude Capitão-mor.

Foram avaliadas duas alternativas de atendimento para a comunidade de acordo com o desenho seguinte.

A alternativa adotada foi a alternativa 01 pelos seguintes motivos:

- a) A topografia no seu traçado é mais favorável, possibilitando um menor número de dispositivos de controle e segurança da tubulação;
- b) O traçado acompanha, sempre que possível, estradas existentes o que facilita o acesso aos locais da adução, e as operação e manutenção dos sistemas;
- c) Os desníveis geométricos são menores, reduzindo os portes dos equipamentos de bombeamento e os custos operacionais;
- d) Beneficia um maior número de comunidades e de pessoas;
- e) Tem menor extensão;
- f) Em conseqüência dos demais motivos a alternativa selecionada tem menor custo somados os valores de implantação, manutenção e operação.

### 13.5 - ESTUDO POPULACIONAL

Para estimar-se a população a ser beneficiada por cada adutora partiu-se dos dados dos censos do IBGE de 1991 e 2000, e da contagem de 1996. Nas pequenas localidades em que o IBGE não disponibilizou dados, avaliou-se a população a partir da contagem das residências considerando-se 4,5 pessoas por residência. Incluiu-se ainda, uma população difusa ao longo da tubulação adutora.

Para efeito de projeção populacional adotou-se os dados do ano de 2000.

O horizonte de projeto, seguindo as recomendações dos Manuais Operativos do PROÁGUA, foi de 30 anos.

A projeção populacional foi realizada pelo método geométrico adotando-se como taxa máxima de crescimento geométrico o valor de 2,5% ao ano, e mínima de 1,5% ao ano.



DESENHO DAS ALTERNATIVAS (carta da Sudene, tal como está + uma outra alternativa)

No cálculo, utilizou-se a formulação:

$$P_n = P_{2000} \times (1 + t_g)^n, \text{ onde:}$$

$P_n$  = população no ano n

$P_{2000}$  = população em 2000, de acordo com o Censo do IBGE ou de pesquisa de campo.

$t_g$  = taxa de crescimento geométrico

n = número de anos.

Em algumas localidades, observou-se, de acordo com o IBGE, taxas elevadas acima de 4% ao ano. Tal fato, que deverá ser passageiro, deve-se à transferência da população rural para os núcleos urbanos. Nos próximos 30 anos, com certeza, estas taxas deverão cair para valores de até 2,5% ao ano.

### 13.6 - PARÂMETROS DE PROJETO

Os parâmetros de projeto foram os indicados no Manual Operativo do PROÁGUA/SEMI-ÁRIDO, que vem sendo utilizados em todos os projetos da Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - SRH/CE.

Ano inicial do plano .....	2.002
Horizonte de projeto .....	2.032
Índice de abastecimento(IAB) .....	100% da pop. urbana
Consumo per capita bruto (C) .....	150 l/hab. x dia
Coefficiente de majoração p/ o dia de maior consumo (K1) .....	1,20
Tempo de operação diário .....	24 hs

### 13.7 - VAZÕES DE PROJETO

Vazão média

$$q = \frac{P \times C \times IAB}{86.400}$$

onde: P = população no horizonte de projeto (2032)

C = consumo per capita, incluindo perdas

IAB = índice de abastecimento

Vazão requerida no dia de maior consumo

$$q_1 = q \times K_1$$

## 13.8 - CONCEPÇÃO GERAL DO SISTEMA PROPOSTO

### 13.8.1 - Captação

A captação da água para o sistema adutor será na bacia hidráulica do reservatório.

Para evitar trecho de tubulação flutuante mais extenso poderão ser implantados um canal de aproximação a ser escavado na bacia do reservatório.

### 13.8.2 - Estação Elevatória de Água Bruta

No anteprojeto considerou-se uma estação elevatória única na captação.

### 13.8.3 - Adutora de Água Bruta

Esta tubulação poderá ser executada utilizando qualquer material que atenda as condições de assentamento, rugosidade, e suporte as pressões de projeto.

Seus principais dados foram estimados assim:

- Extensão: obtida das cartas da SUDENE na escala: 1/100.000 e/ou do INCRA na escala 1/20.000;
- Diâmetro: estimado pela fórmula de BRESSE

$$D = 1,2 \cdot X^{1/4} \sqrt{Q}$$

onde:  $X = \frac{\text{n}^\circ \text{ de horas operação por dia}}{24}$

Q = vazão - m<sup>3</sup>/s

- Perdas de Carga: calculadas pela fórmula de HAZEN-WILLIAMS:

$$j = 10,643 Q^{1,852} \times C^{-1,852} \times D^{-4,87}$$

Onde: Q: vazão (m<sup>3</sup>/s)

D: diâmetro interno do tubo (m)

j: perda de carga unitária (m/m)

C: coeficiente que depende da natureza (material e estado) das paredes dos tubos.

- Pressão de serviço: avaliada a partir do perfil piezométrico estimado para a linha de adução. Nesse perfil considerou-se uma pressão disponível mínima de 10 m.c.a., para garantir a chegada até reservatórios de distribuição e evitar formação de bolhas de ar.

#### 13.8.4 - Estações de Bombeamento de Água Tratada

Para cada adutora previu-se a nível de Anteprojeto, uma estação de bombeamento única localizada na saída da ETA. Quando do projeto básico, poderá se utilizar mais estações de modo a minimizar os custos de implantação e operacionais do projeto, bem como melhorar sua funcionalidade.

Na estimativa destas estações, considerou-se o seguinte:

- Tipo de conjunto - bomba centrífuga de eixo horizontal com motor elétrico
- Número de conjuntos motobombas - 1 operando + 1 reserva
- Altura manométrica - obtida a partir do perfil piezométrico pela soma do desnível geométrico e das perdas de carga.
- Potência por conjunto elevatório calculado por:

$$P = \frac{\gamma QH}{75\eta},$$

onde: P = potência (em cv)

$\gamma$  = peso específico da água (em kg/m<sup>3</sup>)

H = altura manométrica (em m)

$\eta$  = rendimento adotado 0,65

#### 13.8.5 - Reservatórios de Distribuição

Foram previstos reservatórios complementares para cada localidade de modo a garantir um volume de reservação mínimo igual a 1/3 do consumo máximo diário.

### 13.9 - SISTEMA PROPOSTO

O sistema proposto está ilustrado em planta e perfil na Figura 13.1.

No seu dimensionamento considerou-se um índice de atendimento de 100 %, e um horizonte de projeto de 30 anos sendo o ano zero 2002.

FIGURA 13.1 - PLANTA BAIXA (SUDENE)

FIGURA 13.1 - PLANTA BAIXA (SUDENE) - PERFIL

As perdas de água no sistema são estimadas a um máximo de 25 %, já incluídas no consumo per capita de 150 l/s.

Por se tratar de um sistema de pequeno porte, admitiu-se que o mesmo fosse implantado em uma única etapa dimensionada para as necessidades do projeto no ano de 2032.

Em virtude da fragilidade do sistema atual, não deduziu-se de sua capacidade, o potencial do sistema proposto, que foi planejado para as necessidades globais em 2032.

No quadro 13.1 mostra-se ano a ano os dados operacionais do sistema, em termos de adução de água e armazenamento.

### **13.9.1 - Fonte Hídrica**

A fonte hídrica para o abastecimento para a sede municipal de Milhã e da localidade de Monte Grave é o açude Capitão-mor. Este reservatório barra o riacho Capitão-mor, na bacia hidrográfica do rio Banabuiu. O reservatório tem uma capacidade de armazenamento de 5,335 hm<sup>3</sup> e uma descarga regularizada com 90 % de garantia de 92,67 l/s. Tal descarga é superior a vazão de dimensionamento da adutora que é de 23,81 l/s (Milhã) e 2,41 l/s (Monte Grave).

### **13.9.2 - Captação**

A captação da água bruta se fará do lago do reservatório do açude por intermédio de uma plataforma flutuante circular dimensionada para conter um conjunto elevatório. Devendo a mesma ter as seguintes dimensões:

Diâmetro - 1,50 m

Altura - 1,00 m

Vazão máxima diária - 2.057 m<sup>3</sup>/dia (Milhã).

A tubulação para travessia do lago será flutuante de polietileno de alta densidade com as seguintes características:

Diâmetro - 200 mm

Extensão aproximada - 100 m

Pressão de serviço - 60 mca

QUADRO 13.1 - DADOS OPERACIONAIS DO SISTEMA (ADUTORA DE MILHÃ)

QUADRO

FIGURA

QUADRO 13.1 - DADOS OPERACIONAIS DO SISTEMA (ADUTORA DE MONTE GRAVE)

QUADRO

FIGURA

### **13.9.3 - Estação Elevatória de Água Bruta**

Esta estação deverá bombear a água do lago do reservatório até o reservatório apoiado a ser construído na margem do açude acoplado à ETA.

Será constituída de conjuntos motobombas elétricos com bombas centrífugas de eixo horizontal a serem instaladas na plataforma flutuante. Suas principais características são:

Número de conjuntos - 2, sendo um em funcionamento e 1 para reserva.

Vazão por conjunto - 85,716 m<sup>3</sup>/h.

Altura manométrica estimada - 30 mca

Potência de cada conjunto - 15,873 cv

### **13.9.4 - Estação de Tratamento de Água**

A nível de viabilidade previu-se uma Estação de Tratamento compacta incluindo no mínimo, câmara de carga, filtros, desinfecção e reservatório de água tratada. Seus principais dados são:

Vazão - 90,0 m<sup>3</sup>/h

Altura da câmara de carga - 7,0 m

Diâmetro da câmara de carga - 1,0 m

Diâmetro do filtro ascendente - 2,0 m

Altura total do filtro ascendente - 3,50 m

Capacidade do reservatório apoiado de água tratada - 20 m<sup>3</sup>

### **13.9.5 - Estação de Bombeamento de Água Tratada**

A água do reservatório de água tratada deverá ser bombeada até os reservatórios de distribuição das localidades a serem beneficiadas por uma estação de bombeamento com bombas centrífugas de eixo horizontal acionadas com motores elétricos com as seguintes características:

Número de conjuntos eletrobombas: 02, sendo um em funcionamento e um para reserva;

Vazão por conjunto - 85,716 m<sup>3</sup>/h (Milhã) e 8,676 m<sup>3</sup>/h (Monte Grave)

Altura manométrica total - 75,51 mca (Milhã) e 50,14 mca (Monte Grave)

Potência por conjunto - 34,20 cv (Milhã) e 2,30 cv (Monte Grave)



### **13.9.6 - Adutora**

A tubulação adutora deverá chegar até os reservatórios de distribuição nas localidades de Milhã e Monte Grave, tendo os seguintes elementos:

Extensão - 10.816 m (Milhã) e 7.740 (Monte Grave)

Diâmetro da tubulação - 200 mm (Milhã) e 100 mm (Monte Grave)

Pressão de serviço (perfil da figura) - 200 m.c.a (Milhã) e 100 m.c.a. (Monte Grave)

Desnível geométrico - 143,50 m (Milhã) e 40,50 m (Monte Grave)

A seguir, apresentamos o perfil topográfico e piezométrico das adutoras de Milhã e Monte Grave.

### **13.9.7 - Reservação**

Foram previstos reservatórios de distribuição elevados a serem implantados em pontos estratégicos das localidades a serem beneficiadas, dimensionado para 1/3 do consumo máximo diário no ano de 2032. A sua capacidade de armazenamento é de 686 m<sup>3</sup> (Milhã) e 69 m<sup>3</sup> (Monte Grave).

PERFIL TOPOGRÁFICO E PIEZOMÉTRICO

**(ADUTORA DE MILHÃ)** em excel

QUADRO

PERFIL

PERFIL TOPOGRÁFICO E PIEZOMÉTRICO

**(ADUTORA DE MONTE GRAVE)** em excel

QUADRO

PERFIL

## 14 - CRONOGRAMA DE OBRAS

#### **14 - CRONOGRAMA DE OBRAS**

O principal condicionante na definição do esquema para execução das obras diz respeito ao período e construção da barragem, que deverá estar inserido no período de estiagem, entre os meses de julho e janeiro.

Para os volumes totais dos serviços principais previstos, estima-se o prazo total de 10 meses para execução das obras, conforme cronograma apresentado a seguir:

## CRONOGRAMAS

1 + 2 + 3

## 15 - ORÇAMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DAS OBRAS

## 15 - ORÇAMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DAS OBRAS

Com base nos quantitativos de obras, serviços e equipamentos obtidos a partir dos desenhos de concepção das estruturas, foi elaborado o orçamento para implantação das obras.

Os preços unitários utilizados são os usualmente empregados em obras deste tipo, tendo sido utilizados preços praticados no Estado do Ceará, e constantes do banco de dados da ANB e da Hidrostudio.

Os preços estão referidos à data base de setembro de 2002, com a taxa de câmbio igual a US\$1,00 = R\$ 3,09.

A seguir apresenta-se a planilha de orçamento, onde pode-se ver que o valor estimado para a implantação das obras é de R\$ 7.746.690,37.

PLANILHAS DO ORÇAMENTO

1 + 2 + 3 + 4



**16 - ANEXO (DESENHOS)**

## **RELAÇÃO DE DESENHOS**

DESENHO\_CM-01 - RESERVATORIO.dwg  
DESENHO\_CM-02 - PERFIL-GEOLOGICO.dwg  
DESENHO\_CM-03 - IMPLANTACAO.dwg  
DESENHO\_CM-04 - SECOES-PERFIL.dwg  
DESENHO\_CM-05 - CURVA-COTA-VOL.dwg  
DESENHO\_CM-06 - FETCH.dwg  
DESENHO\_CM-07 - ENSAIOS.dwg  
DESENHO\_CM-08 - ENSAIOS-LOC.dwg

## II - VIABILIDADE FINANCEIRA E ECONÔMICA

## **II - VIABILIDADE FINANCEIRA E ECONÔMICA**

Atendendo ao disposto nos Termos do Contrato N.º001/PROGERIRH-PILOTO/SRH/2002, firmado com a Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará, o Consórcio ANB/HIDROSTUDIO, com base nas definições contidas no Edital, vem desenvolvendo os Estudos de Viabilidade Técnica, Ambiental, Econômica e Financeira da Barragem Capitão-mor, localizada no município de Milhã, no Estado do Ceará.

O relatório descreve as etapas e metodologias empregadas com objetivo de investigar a sustentabilidade financeira e econômica dos investimentos necessários a implantação e operação da barragem e do sistema adutor para o abastecimento das localidades de Milhã e Monte Grave, levando em conta a garantia de suprimento e os padrões de qualidade estabelecidos na legislação vigente.

## 1 - VIABILIDADE FINANCEIRA

## 1 - VIABILIDADE FINANCEIRA

### 1.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

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".

Todos os valores dos custos e benefícios são expressos em reais de fevereiro de 2003.

### 1.2 - PROJEÇÃO DA POPULAÇÃO E DEMANDA ATUAL E FUTURA

O Quadro 1.1 apresenta a projeção da população e os Quadros 1.2 e 1.3 destacam os valores projetados das demandas, para as situações sem e com projeto para a população alvo da barragem Capitão-mor.

### 1.3 - PROJEÇÕES DE OFERTA

A oferta para a situação com projeto foi calculada considerando-se a demanda com projeto, adicionando-se as perdas do sistema.

Para efeito de projeto, foi considerado o nível de perdas de 25%, que é o nível recomendado pelo PROÁGUA para as empresas estaduais de saneamento.

Para a situação sem projeto, a oferta foi calculada considerando-se as populações ligadas e não ligadas à rede. Para a população ligada, a oferta é igual à demanda adicionando-se as perdas físicas de 25%, mantidas constante durante todo o horizonte de análise. Para os não ligados, considerou-se a oferta igual à demanda.

O Quadro 1.4 apresenta os valores de oferta para as situações sem e com projeto.

### 1.4 - TARIFA MÉDIA

A tarifa para a situação com projeto foi calculada levando-se em conta a estrutura tarifária atual, o consumo per capita adotado no projeto e a estimativa de 4,5 habitantes por ligação. A tarifa média estimada foi de R\$ 0,67/m<sup>3</sup> (Quadro 1.5).

QUADROS 1.1, 1.2, 1.4, 1.4 e 1.5

Para a situação sem projeto o cálculo da tarifa média foi calculado dividindo-se a arrecadação total pelo consumo total (consumo medido mais consumo estimado), conforme orientação do PROÁGUA. O valor estimado foi de R\$ 0,45/m<sup>3</sup>.

## 1.5 - RECEITAS

As receitas da situação com projeto foram estimadas multiplicando-se os valores das demandas anuais de água pela tarifa média, descontando ainda as perdas financeiras resultantes das inadimplências, correspondente ao percentual de 3% ao ano, conforme sugerido pelo PROÁGUA (Quadro 1.6).

Para a situação sem projeto o cálculo das receitas é obtido multiplicando a demanda anual sem projeto da população ligada à rede pela tarifa média atualmente praticada, que é de R\$ 0,45/m<sup>3</sup>, sendo descontado um percentual de 3% referente às perdas financeiras, mantendo-se constante para todo o horizonte de análise do projeto (Quadro 1.6).

## 1.6 - CUSTOS

### a) Investimentos

Os valores dos investimentos previstos para o projeto (Barragem, Serviços Preliminares, Captação, Adução, Reservação, ETA, Estação Elevatória, Desapropriação, Reassentamento etc.) e desagregados em tubos e conexões, obras civis, equipamentos hidromecânicos, equipamentos elétricos, serviços, etc., estão apresentados, a preços de mercado, no Quadro 1.7.

### b) Despesas Anuais com Operação, Administração e Manutenção.

Os custos operacionais para a situação sem projeto foram estabelecidos com base nos custos observados nos últimos 12 meses de operação do sistema atual. De acordo com as informações fornecidas pela companhia operadora local do sistema, discriminados nos Quadros 1.8, 1.9 e 1.10, esses custos, distribuídos em custos fixos e variáveis, somam o montante de R\$ 244.402.

Os custos operacionais para a situação com projeto são discriminados nos Quadros 1.11 e 1.12. Nos cálculos consideraram-se os custos de manutenção dos investimentos, energia, pessoal e produtos químicos. Esses custos foram separados em custos fixos, os quais ocorrem mesmo quando o sistema está parado, isto é, independem do volume de produção anual, e os custos variáveis, que são proporcionais aos níveis de produção. O Anexo 01 apresenta uma descrição detalhada de obtenção dos dados de custos de operação e manutenção.



QUADROS 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12

## 1.7 - FLUXOS DE RECEITAS E CUSTOS E RESULTADOS DA AVALIAÇÃO FINANCEIRA

O Quadro 1.13 apresenta os fluxos financeiros do projeto, constando dos valores relativos às receitas, aos investimentos, aos custos operacionais e aos benefícios líquidos incrementais.

O Quadro 1.13 resume ainda os resultados da avaliação financeira. A taxa interna financeira de retorno de 1,5% trata-se de um resultado normal para projetos com essas características, haja vista ter sido considerado apenas como benefício o suprimento de água doméstico e ter sido incluído nos investimentos os custos da barragem, da desapropriação e do reassentamento. O Quadro 1.13 demonstra ainda que deveria ser necessário cobrar uma tarifa média de R\$ 2,77/m<sup>3</sup> para que a TIR financeira fosse igual a 12%. Sem a cobrança deste nível tarifário, o volume de subsídio líquido é de R\$ 2,32/m<sup>3</sup>.

## 1.8 - CUSTO DA ÁGUA

O custo da água disponibilizada se define como sendo:

- $CAD = \text{Soma do Valor Presente dos Custos (Investimento. + Oper. e Manut.)} / \text{Soma do Valor Presente da Água Fornecida.}$

O Quadro 1.14 resume os dados de custo de investimento e de operação e manutenção, e os dados de volumes de água fornecida do projeto, para o período de 30 anos. A partir do valor presente destas variáveis, obtiveram-se as respectivas anualidades de custo de capital e O&M, as quais fornecem os seguintes valores: Custos de Capital + O&M = R\$ 2,75/m<sup>3</sup> e Custos de O&M = R\$ 0,31/m<sup>3</sup>.

## 1.9 - 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:

- Operação e Manutenção: 30% sobre a folha de salários e gastos com manutenção;
- Energia elétrica: 17% referente ao ICMS;
- Produtos Químicos: sobre este item incidem dois tipos de tributos - o IPI e o ICMS - estimados, respectivamente, em 10% e 15%;
- Outras despesas: admitiu-se a alíquota média de 15%;
- 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%.

QUADROS 1.13, 1.14

O Quadro 1.15 apresenta os impactos fiscais incrementais gerados pelo projeto que, em termos de valor presente, corresponde a um incremento na arrecadação na ordem de R\$ 311.709. Este valor, apesar de representativo em termos de impacto direto na geração de impostos, pode ser considerado como conservador, pois se limita 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 nas localidades beneficiadas (efeitos "para traz" e "para frente"). Como consequência ainda dos benefícios indiretos pela implantação do projeto, o setor público 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 é financeiramente viável, desde que sejam incluídos nos fluxos de benefícios líquidos, como consequência do projeto, todos os impactos fiscais diretos e indiretos.

QUADRO 1.15

## 2 - VIABILIDADE ECONÔMICA

## 2 - VIABILIDADE ECONÔMICA

### 2.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A avaliação econômica objetiva averiguar se os recursos serão aplicados de forma eficaz e se os ganhos privados e públicos são suficientes para remunerarem os investimentos propostos. Assim, como o objetivo é mensurar o retorno dos investimentos do projeto, formou-se um fluxo de caixa incremental, cuja elaboração exigiu a quantificação de custos de investimentos e de operação, administração e manutenção, medidas ambientais e dos benefícios incrementais oriundos dos serviços de suprimento de água doméstica.

### 2.2 - CRITÉRIOS BÁSICOS UTILIZADOS

#### a) Conversão a Preços de Eficiência

Como se requerem valores a preços econômicos<sup>1</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 e recomendados pelo PROÁGUA, 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

#### b) Taxa de Desconto Social e Horizonte de Planejamento.

A taxa social de desconto que convencionalmente se emprega e 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 31 anos, sendo 01 (um) para implantação do projeto, e 30 anos de geração de benefícios (operação).

<sup>1</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.

## 2.3 - CUSTOS E BENEFÍCIOS ECONÔMICOS ASSOCIADOS AO ABASTECIMENTO HUMANO

### a) Introdução

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, em face 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.



b) Elasticidade-preço da Demanda

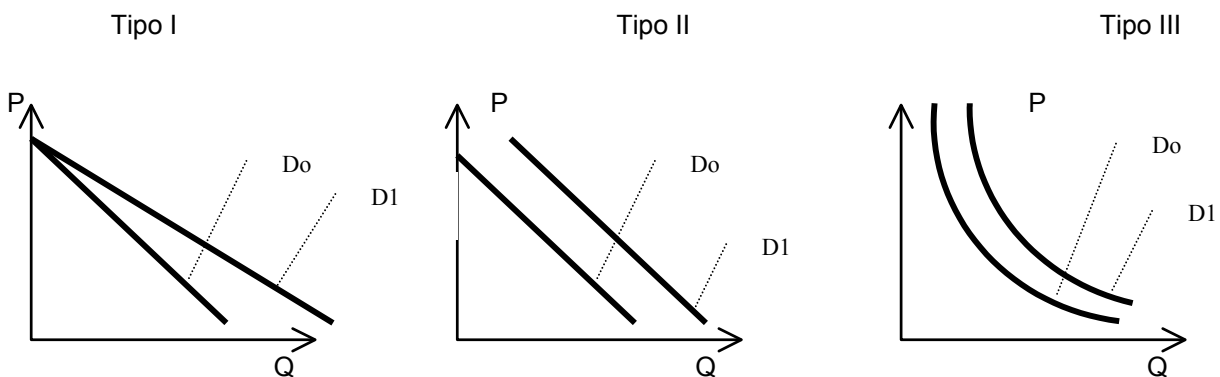
Estudos desenvolvidos pelo Banco do Nordeste em 1997 para estimação de funções de demanda de água no Nordeste calculam os custos econômicos (preço por m<sup>3</sup>) para cada um desses modos de obtenção de água na região.

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>2</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.

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 Do representa a curva de demanda do ano zero do projeto, enquanto a curva D1 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.



As equações que originam essas curvas são mostradas a seguir.

<sup>2</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.

$Q = a + bP \Rightarrow$  função linear

$Q = a P^e \Rightarrow$  função hiperbólica, que linearizando-a se torna :  $\ln Q = \ln A + e \ln P$

Onde:

Q : é quantidade demandada em função do preço,

a: é constante da função,

P: o preço do m<sup>3</sup> da água consumida e

e: 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 é dado pela seguinte fórmula.

$$e = (\Delta Q / \Delta P) \cdot (P / Q)$$

Onde:

$(\Delta Q / \Delta P)$ : corresponde à derivada da função de demanda com relação a preço,

$(P/Q)$ : 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>3</sup>.

### c) 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.

Conforme informações colhidas nas localidades de Milhã e Monte Grave, as famílias não ligadas à rede pública de abastecimento da comunidade “buscam água”. Para essa fonte alternativa de água, os custos, de acordo com o estudo desenvolvido pelo Banco do Nordeste<sup>4</sup>, é de R\$ 4,38/m<sup>3</sup>. Desta forma, o custo alternativo da água na comunidade em estudo foi considerado igual a R\$ 4,38/m<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Banco do Nordeste/PBLM-Consultoria Empresarial – Agosto, 1997.

<sup>4</sup> Banco do Nordeste/PBLM, *op.cit.*

#### d) Grupos de Usuários

Na avaliação econômica das adutoras de Milhã e Monte Grave foram considerados dois grupos de beneficiários, ou seja:

**GRUPO 1** – Grupo compreendido pelos atuais usuários das localidades de Milhã e Monte Grave.

**GRUPO 2** – Grupo compreendido pelos novos usuários das localidades de Milhã e Monte Grave.

#### e) Custos Econômicos

Para transformar de valores financeiros a econômicos foi utilizado o Quadro 1.16, que permitiu desagregar os custos financeiros dos investimentos, enquanto o Quadro 1.16a apresenta os investimentos do projeto em valores econômicos.

Com base no Quadro 1.12 foram estimados os custos fixos e variáveis do projeto, a preços de eficiência, dados importantes para o modelo SIMOP, os quais se encontram destacados no Quadro 1.17.

#### f) Parâmetros Utilizados para o Modelo SIMOP, Fluxos dos Benefícios Líquidos Incrementais e Resultados da Avaliação Econômica

- Horizonte do projeto: 30 anos;
- Taxa de desconto: 12%;
- Elasticidade de preço: -0,54731;
- Tarifa média da água: R\$ 0,67/ m<sup>3</sup>;
- Tipo de curva: Tipo III (Consumidores residenciais).
- Taxa de crescimento da demanda: Considerada a taxa de crescimento da população.
- Fator de conversão do consumo: 0,94;
- Custos periódicos.

Os custos incrementais de operação e manutenção, a preços de eficiência, correspondem às despesas previstas no Quadro 1.17.

- Custos não periódicos:

Considerados os investimentos do projeto previstos no Quadro 1.16a (a preços de eficiência).

- Custos variáveis

Considerados os custos unitários de ligação ao sistema, ou seja, R\$ 0,06/m<sup>3</sup>, os quais foram estimados com base nos Quadros 1.12 e 1.17.

QUADRO 1.16(a) e 3.17

Com base nestas informações rodou-se o modelo SIMOP (Anexo II), encontrando-se um valor presente líquido positivo, a taxa de desconto de 12% ao ano, de R\$ 348.331 e uma taxa interna econômica de retorno de 12,73%, que é acima da taxa mínima (12%) exigida pelo BID. A TIR de 12,73%, muito embora já demonstre a rentabilidade econômica do empreendimento, pois supera a taxa mínima exigida pelo BID, poderia obter ainda indicadores mais favoráveis, visto que outros tipos de benefícios comuns aos projetos de saneamento não foram incorporados no fluxo econômico, tais como 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; e promoção do desenvolvimento econômico, social e intelectual das comunidades através de melhorias das condições sanitárias.

O Quadro 1.18 apresenta, de forma resumida, o valor presente dos benefícios e dos custos (investimentos e OAM) e os indicadores de rentabilidade para o projeto da Barragem Capitão-mor e das Aduadoras de Milhã e Monte Grave.

QUADRO 1.18 - INDICADORES DA AVALIAÇÃO ECONÔMICA

<b>DISCRIMINAÇÃO</b>	<b>RESULTADOS</b>
BENEFÍCIOS (R\$)	6.257.104
CUSTOS (R\$)	5.908.773
Periódicos	525.995
Não periódicos	5.129.988
Variáveis	252.790
VALOR PRESENTE LÍQUIDO (R\$)	348.331
TAXA INTERNA DE RETORNO (%)	12,73

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 (Quadros 1.19 e 1.20).

QUADRO 1.19 - 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)	7,75
- 0,75 (menos 0,20)	9,18
- 0,65 (menos 0,10)	10,83
<b>- 0,55 (original)</b>	<b>12,79</b>
- 0,40 (mais 0,10)	15,21
- 0,35 (mais 0,20)	18,40
- 0,25 (mais 0,30)	23,50

QUADRO 1.20 - SENSIBILIDADE DA TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR) A VARIAÇÕES NO CUSTO ALTERNATIVO DA ÁGUA

SIMULAÇÕES	TAXA INTERNA DE RETORNO (%)
<b>Menos R\$ 0,60</b>	17,80
Menos R\$ 0,40	15,28
Menos R\$ 0,20	13,77
<b>Original</b>	<b>12,73</b>
Mais R\$ 0,20	11,97
Mais R\$ 0,40	11,37
<b>Mais R\$ 0,60</b>	10,89

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que a barragem Capitão-mor é viável do ponto de vista econômico.

**ANEXOS**

ANEXO I – CUSTOS DE O&M – SITUAÇÃO COM PROJETO



ANEXO II – RESULTADOS DO MODELO SIMOP

### **III - VIABILIDADE AMBIENTAL**

## 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

## 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Estudo de Viabilidade Ambiental (EVA) ora apresentado, tem o objetivo de identificar e avaliar os impactos ambientais causados pelo barramento do riacho Capitão-Mor, no município de Milhã, no Estado do Ceará. Visa, ainda, a sugestão de medidas mitigadoras de modo a restabelecer o equilíbrio ecológico e promover o desenvolvimento regional a partir dos usos múltiplos propostos para o referido reservatório.

Os estudos desenvolvidos foram pautados nos critérios e diretrizes preconizados pela Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Foram executados levantamentos dos fatores abióticos, bióticos e sócio-econômicos das áreas de influência física e funcional do empreendimento, visando caracterizar a situação vigente antes da implantação da Barragem Capitão-Mor.

Com base no diagnóstico ambiental da área de influência do empreendimento e nos estudos de concepção do projeto elaborados pelo Consórcio ANB/HIDROSTUDIO, foram estabelecidas relações entre os componentes ambientais existentes e as ações propostas para o empreendimento. Em seguida foram identificados os principais impactos potenciais, os quais foram discriminados quanto ao caráter, extensão, reversibilidade, intensidade e duração/periodicidade. Por fim, foram definidas medidas visando a mitigação dos impactos adversos, além de programas de monitoramento e educação ambiental.

## 2 - ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS

## 2 - ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS

O aproveitamento dos recursos hídricos no Estado do Ceará é de extrema importância para o seu processo de desenvolvimento, uma vez que este estado é frequentemente assolado por secas periódicas. O problema de escassez da água associado ao crescimento acelerado da população, vem provocando o aparecimento de regiões cujas potencialidades hídricas estão esgotadas ou sujeitas a racionamento do uso da água nos períodos de seca. Tal situação torna necessário a implantação de reservatórios para o atendimento da crescente demanda hídrica. Tendo em vista, que este tipo de projeto em geral encontra-se associado a uma ampla gama de impactos ambientais, faz-se necessário à implementação de um planejamento racional que abranja também os efeitos da degradação ambiental decorrentes da implantação deste tipo de projeto.

Assim sendo, faz-se necessário o conhecimento do suporte institucional existente, de modo a compatibilizar as ações preconizadas pelo projeto com a legislação ambiental vigente. Para tanto foram elaboradas sínteses dos aspectos legais e institucionais que regem a legislação ambiental, as quais são apresentadas a seguir.

A Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, alterada pelas Leis nº 7.804/89 e 8.028/90 e regulamentada pelo Decreto nº 99.274/90, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, definindo diretrizes gerais de conservação ambiental, compatibilizando o desenvolvimento das atividades econômicas com a preservação do meio ambiente. Dentre às políticas ambientais a nível federal pertinente a projetos hidráulicos e ao meio ambiente, destacam-se os seguintes dispositivos legais:

- Constituição Federal;
- Decreto nº 88.351, de 01 de junho de 1983: regulamenta a Lei nº 6.938/81 e estabelece os critérios para licenciamento das atividades modificadoras do meio ambiente;
- Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986 (modificada no seu Artigo 2º pela Resolução CONAMA nº 011, de 18/03/86) : estabelece definições, responsabilidades , critérios básicos e diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente;
- Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934: decreta o Código das Águas;
- Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (alterada pela Lei nº 7.803, de 18/07/89): institui o Código Florestal;
- Resolução CONAMA nº 004, de 18 de setembro de 1985 (alterada pela Lei nº 7.803/89): define critérios, normas e procedimentos gerais para a caracterização e estabelecimento de reservas ecológicas;

- Resolução CONAMA nº 020, de 18 de junho de 1986: estabelece a classificação e os padrões de qualidade das águas doces, salobras e salinas do território nacional;
- Lei nº 3.824, de 23 de novembro de 1960: exige o desmatamento da área da bacia hidráulica de reservatórios;
- Lei nº 5.197, de 03 de janeiro de 1967: dispõe sobre a proteção à fauna;
- Portaria SUDEPE nº N-0001, de 04 de janeiro de 1977: dispõe sobre a observância de medidas de proteção à fauna aquática nos projetos de construção de barragens;
- Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1991: dispõe sobre a criação de estações ecológicas e áreas de proteção ambiental;
- Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997: institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- Portaria MINTER nº 124, de 20 de agosto de 1980: baixa normas no tocante à prevenção de poluição hídrica;
- Decreto nº 28.481, de 07 de dezembro 1940: dispõe sobre a poluição das águas;
- Lei nº 7.754, de 14 de abril de 1989: estabelece medidas para proteção das florestas existentes nas nascentes dos cursos d'água;
- Decreto nº 84.426, de 24 de janeiro de 1980: dispõe sobre erosão, uso e ocupação do solo, poluição da água e poluição do solo;
- Decreto nº 89.336, de 31 de janeiro de 1984: dispõe sobre reservas ecológicas e áreas de relevante interesse ecológico e dá outras providências;
- Resolução CONAMA nº 011, de 18 de março de 1986: altera e acrescenta incisos na Resolução CONAMA nº 001/86 que torna obrigatória a elaboração de estudos de impacto ambiental para determinados tipos de empreendimentos;
- Resolução CONAMA nº 005, de 15 de junho de 1988: exige o estabelecimento de processo licenciatório para as obras de captação de projetos de sistemas de abastecimento d'água, cuja vazão seja acima de 20,0% da vazão mínima da fonte hídrica, no ponto de captação, e que modifiquem as condições físicas e/ou bióticas dos corpos d'água;
- Portaria Interministerial nº 917, de 06 de junho de 1982: dispõe sobre a mobilização de terra, poluição da água, do ar e do solo;

- Resolução CONAMA nº 006, de 24 de janeiro de 1986: institui e aprova modelos para publicação de pedidos de licenciamento, sua renovação e respectiva concessão;
- Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997: revisa os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental.
- Resolução CONAMA nº 009, de 03 de dezembro de 1987: regulamenta a questão das audiências públicas;
- Decreto-Lei nº 95.733, de 12 de fevereiro de 1988: dispõe sobre a inclusão no orçamento dos projetos e obras federais, de recursos destinados a prevenir ou corrigir os prejuízos de natureza ambiental, cultural e social decorrentes da execução desses projetos e obras.

Por fim, a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.

Quanto às políticas ambientais a nível federal pertinente a proteção do patrimônio pré-histórico destacam-se os seguintes dispositivos legais:

- Decreto-Lei nº 4.146, de 04 de março de 1942: dispõe sobre a proteção dos depósitos fossilíferos;
- Lei nº 3.924, de 26 de julho de 1961: dispõe sobre a proteção dos monumentos arqueológicos e pré-históricos;
- Resolução CONAMA nº 005, de 06 de agosto de 1987: aprova o Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico;
- Portaria nº 07, de 01 de dezembro de 1988, da Secretaria do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional: estabelece os procedimentos necessários para pesquisa e escavações em sítios arqueológicos;
- Portaria IBAMA nº 887, de 15 de junho de 1990: dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico nacional;
- Decreto nº 99.556, de 01 de outubro de 1990: dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no Território Nacional e dá outras providências;
- Portaria IBAMA nº 57, de 05 de junho de 1997: institui o Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas - CECAV, que tem por finalidade normatizar, fiscalizar e controlar o uso do patrimônio espeleológico brasileiro;



- Lei nº 7.347, de 24 de julho de 1985: disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico, e dá outras providências.

A penalização pelo não cumprimento da legislação pertinente ao patrimônio pré-histórico citada é prevista no Código Penal Brasileiro (Parte especial, Título II - Dos crimes contra o patrimônio, Capítulo IV - Do dano).

No Estado do Ceará, o sistema de controle ambiental é integrado pela Secretaria da Ouvidoria Geral e Meio Ambiente, criada pela Lei nº 13.093, de 08 de janeiro de 2001, à qual encontram-se vinculados o Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA) e a SEMACE, ambos criados pela Lei nº 11.411, de 28 de dezembro de 1987, que dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente. Os dispositivos legais a nível estadual pertinente a projetos hidráulicos e ao meio ambiente são os seguintes:

- Constituição Estadual;
- Lei nº 10.148, de 02 de dezembro de 1977: dispõe sobre a preservação e controle dos recursos hídricos existentes no estado e dá outras providências;
- Portaria SEMACE nº 14, de 22 de novembro de 1989: estabelece normas técnicas e administrativas do sistema de licenciamento de atividades utilizadoras dos recursos ambientais no Estado do Ceará;
- Portaria SEMACE nº 097, de 03 de abril de 1996: estabelece padrões de lançamentos nos corpos receptores para efluentes industriais e de outras fontes de poluição hídrica;
- Lei nº 12.524, de 19 de dezembro de 1995: considera impacto sócio-ambiental relevante em projetos de construção de barragens, o deslocamento das populações habitantes na área a ser inundada pelo lago formado e dá outras providências;
- Lei nº 11.996, de 24 de julho de 1992: dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos no Estado do Ceará, o qual está a cargo da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH).

Por sua vez, o Decreto nº 23.067, de 11 de fevereiro de 1994, regulamenta o Artigo 4º da Lei nº 11.996/92, na parte referente à outorga de direito do uso dos recursos hídricos e cria o Sistema de Outorga para Uso da Água. Segundo reza o referido decreto, dependerá de prévia outorga da Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), o uso de águas dominiais do Estado que envolva:

- Derivação ou captação de parcela dos recursos hídricos existentes num corpo d'água, para consumo final ou para insumo de processo produtivo;

- Lançamento num corpo d'água de esgotos e demais resíduos líquidos e gasosos com o fim de sua diluição, transporte e assimilação;
- Qualquer outro tipo de uso que altere o regime, a quantidade e a qualidade da água.

No caso específico do lançamento de esgotos e de outros resíduos líquidos nos corpos d'água, a SRH não está ainda emitindo a concessão de outorga. Tal fato tem como justificativa a complexidade que envolve o assunto decorrente, principalmente, do caráter intermitente da quase totalidade dos cursos d'água do Estado.

O pedido de outorga de direito de uso de águas deverá ser encaminhado à SRH através do preenchimento de formulário padrão fornecido por esta, na qual deverá constar informações sobre destinação da água; fonte onde se pretende obter a água; vazão máxima pretendida; tipo de captação da água, equipamentos e obras complementares, bem como informações adicionais para a aprovação do pedido.

Quando a outorga envolver obras ou serviços de oferta hídrica sujeitos à licença prévia da SRH, conforme previsto no Decreto nº 23.068, de 11 de fevereiro de 1994 (açudes, transposição de água bruta, barragem de derivação ou regularização de nível d'água, e poços), será obrigatória a apresentação desta, aproveitando-se sempre que possível os dados e informações já apresentados para o licenciamento.

Outra legislação que se apresenta relevante para o projeto ora em pauta, embora tenha aplicação em termos legais restrita aos recursos hídricos da Região Metropolitana de Fortaleza, é a Lei nº 10.147, de 01 de dezembro de 1977, que dispõe sobre o disciplinamento do uso do solo para fins de proteção dos recursos hídricos.

Ressalta-se, ainda, embora não constitua dispositivo legal, o Plano Estadual de Recursos Hídricos elaborado pela SRH em meados de 1991, e a proposta para enquadramento dos principais cursos d'água do Estado do Ceará, elaborada pela SEMACE, tendo como base à classificação preconizada pela Resolução CONAMA nº 020/86. A referida resolução estabelece padrões de qualidade para os cursos d'água em função de seus usos preponderantes e da sua capacidade de autodepuração. A nível municipal figuram como dispositivo legal à lei orgânica do município de Milhã.

O futuro reservatório irá inundar terras pertencentes a terceiros, fazendo-se necessária à elaboração de um plano de desapropriações. Deverá ficar a cargo da SRH a execução de um levantamento cadastral dos imóveis na área diretamente afetada pelo projeto. A desapropriação deverá ser efetivada através de Decreto Estadual Específico, ficando a negociação e aquisição parcial ou total dos imóveis, que são abrangidos em parte ou na sua totalidade pela área de inundação máxima futura e pela faixa de proteção do futuro reservatório sob a responsabilidade da SRH.

O órgão empreendedor do projeto é a SRH. Os recursos financeiros necessários à implantação do empreendimento serão oriundos do Governo do Estado e de empréstimos obtidos junto ao Banco Mundial. Além do órgão empreendedor, prevê-se o envolvimento de outros órgãos governamentais na operação futura do reservatório.

Não foram constatados conflitos envolvendo a implantação do projeto ora em análise com outros programas ou projetos governamentais, pelo contrário, a obra encontra-se inserida num programa mais amplo denominado Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (PROGERIRH).

### 3 - O PROJETO

### 3 - O PROJETO

#### 3.1 - IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

O órgão empreendedor do Projeto Básico da Barragem Capitão-Mor é a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH), órgão prestador de serviços, inscrito sob o CGC/MF nº 11.821.253/0001-42, estabelecido a Av. Gal. Afonso Albuquerque Lima, 01 - Centro Administrativo do Cambéba, Edifício SEDUC - Bloco C, 1º e 2º Andar, no município de Fortaleza, Estado do Ceará, com telefone para contato (85) 488-8500 e FAX (85) 488-8579.

#### 3.2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

A Barragem Capitão-Mor será formado pelo barramento do riacho Capitão-Mor, afluente do riacho do Sangue, na bacia do Médio Jaguaribe, porção centro sul do Estado do Ceará. A obra fechará o boqueirão existente a cerca de 11 km da sede do município de Milhã. O reservatório terá sua bacia hidráulica totalmente inclusa no território do município de Milhã.

O acesso ao sítio do barramento partindo-se de Fortaleza é feito através da rodovia federal asfaltada BR-116, no sentido de Russas até o Triângulo da Quixadá. Daí segue-se na direção sul, pela CE-359/CE-060 (Estrada do Algodão), por cerca de 200 km até o Triângulo denominado Vinte, onde se toma a direção leste pela BR-226 até a cidade de Milhã. Percorre-se, então, 10 km pela BR-226, no sentido Solonópole, tomando-se, em seguida, uma estrada vicinal por 1,0 km até o eixo do barramento.

#### 3.3 - OBJETIVOS E USOS MÚLTIPLOS

A implantação da Barragem Capitão-Mor tem como objetivo servir para usos múltiplos, trazendo benefícios às zonas urbana e rural dos municípios beneficiados. Em primeiro lugar garantirá o abastecimento d'água humano da cidade de Milhã e dos povoados de Monte Grave, Baixa Verde, Barra, Barra do Cipó, Segurança, Extrema e Cipó, beneficiando no horizonte do projeto uma população urbana da ordem de 11.427 habitantes. Permitirá, ainda, o abastecimento da população ribeirinha de jusante. Foi previsto o atendimento de uma demanda humana de 2,06 l/s.

O segundo uso importante da Barragem Capitão-Mor será o desenvolvimento da pesca no lago a ser formado e de atividades associadas à recreação/lazer, além da dessedentação animal. Poderá haver, ainda, desenvolvimento hidroagrícola nas aluviões posicionadas na área de jusante, e de tabuleiros com solos agricultáveis no trecho compreendido entre a cidade de Milhã e o açude Boqueirão, ressalta-se que as opções para abastecimento d'água ou irrigação são excludentes, ou seja, ou se faz o abastecimento humano ou a irrigação.

### 3.4 - ESTUDOS DE ALTERNATIVAS LOCACIONAIS

No âmbito do Projeto Básico da Barragem Capitão-Mor foram estudadas três alternativas de eixos barráveis (Eixo 1, Eixo 2 e Eixo 3), cuja distribuição ao longo do riacho Capitão-Mor pode ser visualizada na Figura 3.1. Na análise das diferentes alternativas de eixo foram levados em conta os seguintes fatores:

- Hídricos: relativos aos recursos hídricos utilizáveis e às demandas inerentes;
- Técnicos: relacionados à morfologia dos boqueirões, as condições geotécnicas de fundação da obra e a existência de jazidas de empréstimo nas imediações;
- econômico-financeiros: relativos à ordem de grandeza dos custos estimados de construção, exploração e dos benefícios esperados;
- Socioeconômicos: inerentes à necessidade de reassentamento de contingentes populacionais, à problemática relativa a submersão de solos agricultáveis e de infra-estruturas de uso público, notadamente interferências com rodovias e linhas elétricas;
- Ambientais: associados à submersão de áreas de relevante interesse ecológico (áreas indígenas, unidades de conservação e patrimônios histórico, arqueológico e paleontológico), bem como os riscos de salinização das águas a serem represadas ou de sua poluição por agrotóxicos ou por efluentes sanitários e industriais.

Quanto aos fatores hídricos, para a mesma cota de área inundada pelo reservatório são, obviamente, os eixos 1 e 2 posicionados mais a jusante que possibilitam a criação de um reservatório com maior capacidade de acumulação.

No que se refere aos recursos hídricos disponibilizados, os Eixos 1 e 2 são os que melhor rentabilizam os recursos existentes ao longo do trecho em estudo do riacho Capitão-Mor. Obviamente, o Eixo 3, situado mais a montante, perde as contribuições de alguns tributários.

Com relação às capacidades de armazenamento e regularização, observa-se uma equiparação das alternativas de eixos barráveis 1 e 2, sendo o volume armazenado na alternativa do Eixo 3 menos significativo do que os das alternativas já citadas.

No que se refere às condições de fundação das obras, as diferentes alternativas de barramento estudadas apresentam características geológicas praticamente semelhantes em termos litológicos e tectônicos, tendo o Eixo 3 como agravante o fato de apresentar uma maior espessura do aluvião.

FIGURA 3.1 (1/1)

ALTERNATIVAS DE EIXOS DE IMPLANTAÇÃO

Quanto à disponibilidade de materiais de construção dentro de uma distância econômica da área das obras, constata-se que as jazidas de materiais terrosos e pétreos, além da areia de rio disponível no riacho Capitão-Mor atendem este pré-requisito, tendo sido registradas ocorrências de material granular entre os eixos 2 e 3.

No que se refere aos fatores ambientais, nenhuma das alternativas estudadas apresenta interferências com áreas de unidades de conservação ou terras indígenas. Os riscos de salinização das águas represadas ou de sua poluição por efluentes de esgotos domésticos e industriais, ou pelo aporte de agrotóxicos apresentam-se praticamente nulos quaisquer que seja a alternativa analisada. Situação semelhante é observada em relação aos riscos de dilapidação dos patrimônios histórico, arqueológico e paleontológico. Assim sendo, a única diferenciação observada entre as alternativas está associada à extensão da área a ser desmatada, que se apresenta maior no Eixo 1, em relação aos eixos 2 e 3.

Quanto aos aspectos socioeconômicos, observa-se que os solos a serem submersos são, em sua maioria (85,0%), de reduzido potencial agrícola. Apresentam como restrições ao uso agrícola a pedregosidade e/ou rochosidade superficial, a pouca profundidade efetiva e a susceptibilidade a erosão, no caso dos Litólicos e dos Bruno Não Cálcidos. Os Solos Aluviais que apresentam potencial agrícola médio a elevado, por sua vez, sofrem riscos de inundações periódicas, enquanto que os Solonetz Solodizados apresentam elevados teores de sódio nos horizontes subsuperficiais e problemas de encharcamento/fendilhamento.

Com relação à relocação de contingentes populacionais, esta se apresenta similar para as alternativas dos eixos 1 e 2, as quais resultam na inundação de apenas 5 habitações, perfazendo um contingente populacional a ser relocado de 21 pessoas. No caso do Eixo 3, situado a cerca de 900 m a montante do Eixo 1, não são esperadas grandes alterações no número de pessoas a serem remanejadas.

Em termos das áreas a serem desapropriadas dos imóveis rurais, a maior extensão de área é verificada nos Eixos 1 e 2, atingindo valores da ordem de 277 ha. Na alternativa de eixo 3 esta área se reduz para 208 ha.

No que se refere à interferência com infra-estruturas de uso público, estas são praticamente equivalentes nas áreas dos eixos 1 e 2, estando restritas a trechos de estradas vicinais que permitem o acesso às propriedades da área. A eventual interferência com uma ponte da rodovia BR-226, construída para travessia do riacho Cipó, tributário do Capitão-Mor na sua margem direita, foi contornada pela limitação da cota do barramento.

A ponderação dos fatores acima descritos permitiu a análise comparativa das diferentes alternativas de eixos barráveis, tendo-se chegado à conclusão que a alternativa do Eixo 1 é a mais interessante, principalmente sob o ponto de vista construtivo, onde os volumes de escavação e aterro compactado mostram-se significativa menores. Em relação à interferência com a ponte do riacho Cipó, recomenda-



se, nas próximas etapas de estudos, a verificação da cota de seu tabuleiro e das condições de estabilidade dos aterros de encontro.

Com base no acima exposto foi selecionado o Eixo 1 para ser submetido a detalhamento. Sobre este eixo foram efetuadas considerações sobre as cotas do sangradouro, capacidade de acumulação d'água, volumes anuais regularizados com 90,0% de garantia, áreas irrigáveis, quantidade de pessoas abastecidas e custo de implantação, abaixo especificados. Deve-se frisar que as opções de irrigação intensiva e abastecimento humano estudadas são excludentes, ou seja, ou se irriga ou se faz o abastecimento d'água dos núcleos urbanos.

<b>Alternativa</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Capacidade de Acumulação (hm<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol. Reg. (hm<sup>3</sup>/ano) 90% garantia</b>	<b>Área Irrigável (ha)</b>	<b>População Abastecida (hab)</b>	<b>Custo de Implantação (R\$ 1.000)</b>
Eixo 1	183,5	5,335	2,92248	292,2	11.427	5.166,61

### 3.5 - DESCRIÇÃO E ARRANJO GERAL DAS OBRAS

A Barragem Capitão-Mor terá uma capacidade de acumulação de 5,335 hm<sup>3</sup> e vazão regularizada de 2,92248 hm<sup>3</sup>/ano com 90,0% de garantia, com a área da bacia hidráulica abrangendo 219 ha. A bacia de contribuição do reservatório, com área de 187,843 km<sup>2</sup>, está inclusa na Sub-bacia do Médio Jaguaribe. O tempo médio de detenção do reservatório será de 03 anos e este apresenta uma eficiência hidrológica (volume regularizado anual/ capacidade total do reservatório) de 55%. A razão entre a área de inundação e a vazão regularizada será de 14,04 km<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>/s, enquanto que o coeficiente de armazenamento (volume armazenado/volume afluente) será de 0,34.

O estudo do arranjo das estruturas ligadas à Barragem Capitão-Mor baseou-se no melhor aproveitamento das condições topográficas e geológico-geotécnicas do local das obras, buscando para cada estrutura um posicionamento favorável técnica e economicamente. O arranjo geral das obras pode ser visualizado na Figura 3.2, e consta das seguintes estruturas:

- uma barragem de terra, com altura máxima de 17,0 m, comprimento da crista de 430 m e volume total de 98.630 m<sup>3</sup>;
- um descarregador de fundo do tipo torre galeria, localizado na margem direita;
- vertedouro do tipo perfil Creager dimensionado para a capacidade total de extravasão, localizado na ombreira direita, apresentando largura de 150 m e soleira na cota 183,50 m, composto por um canal de aproximação, estrutura de controle e muros laterais.

FIGURA 3.2 (1/1)

ARRANJO GERAL DAS OBRAS

## 4 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

## **4 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

### **4.1 - ÁREAS DE ABRANGÊNCIA**

#### **4.1.1 - Área de Influência Física**

A área de influência física do empreendimento está representada pela bacia hidráulica do reservatório e por sua faixa de proteção periférica, perfazendo, aproximadamente, um total de 110 ha, compreendendo parte da zona rural do município de Milhã, pelas áreas de jazidas de empréstimos, localizadas dentro da bacia hidráulica do reservatório ou nas suas cercanias, bem como pelas áreas do canteiro de obras e dos bota-foras.

#### **4.1.2 - Área de Influência Funcional**

A área de influência funcional do empreendimento compreende aquelas áreas que serão influenciadas pela operação do reservatório, quais sejam:

- O município de Milhã que será contemplado com o fornecimento d'água regularizado à sede municipal e aos povoados de Monte Grave, Baixa Verde, Barra, Barra do Cipó, Segurança, Extrema e Cipó, atendendo as demandas humana e industrial, beneficiando no horizonte do projeto uma população urbana de 11.427 habitantes.;
- Áreas periféricas ao reservatório que se beneficiarão com o desenvolvimento da pesca no lago a ser formado;
- Áreas ribeirinhas de jusante que serão beneficiadas com a regularização de vazão e conseqüente desenvolvimento da irrigação difusa, além do abastecimento humano difuso e dessedentação animal.

### **4.2 - MEIO ABIÓTICO**

#### **4.2.1 - Aspectos Geológicos e Geomorfológicos**

##### **4.2.1.1 - Geologia**

A geologia da área da bacia hidráulica do reservatório é constituída predominantemente por rochas cristalinas pertencentes ao Pré-Cambriano (Complexo Gnáissico-Migmatítico), aparecendo em menor escala as coberturas sedimentares terció-quadernárias representadas pelas Aluviões do riacho Capitão-Mor.

Em termos estruturais, verifica-se um autêntico mosaico de blocos. Falhamentos profundos, extensos são freqüentes e condicionam a ocorrência das faixas de rochas metassedimentares. Zonas de cisalhamento são comuns, sendo uma das principais aquela relacionada à Falha de Senador Pompeu.

A complexa evolução geológica sofrida pelas rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico é demonstrada tanto pelos processos de desenvolvimento crustal, a partir de núcleos mais antigos, como pelo retrabalhamento diferencial em eventos geodinâmicos mais jovens. Esta unidade, portanto, está representada por uma ampla e complexa associação de rochas onde predominam os migmatitos, gnaisses, gnaisses migmatizados e granitóides, anfíbolitos, quartzitos, metarcóseos, calcários cristalinos, xistos, itabiritos, calcossilicatadas e rochas cataclásticas.

Na área das obras observa-se a ocorrência de afloramentos rochosos de gnaisses e gnaisses migmatizados, além de estreita faixa de Aluvião ao longo do riacho. Esses sedimentos incluem areias finas e grosseiras, de cores variadas, com cascalhos e argilas escuras com matéria orgânica em decomposição.

As coberturas das ombreiras do futuro barramento, além das superfícies mais elevadas circunvizinhas, são formadas por solos residuais areno-argilosos, de cor avermelhada e com boa capacidade do ponto de vista geotécnico para utilização na construção do maciço.

#### 4.2.1.2 - Geomorfologia

Na região onde será assente o empreendimento observa-se duas unidades de relevo: a Depressão Sertaneja e a Planície Fluvial do riacho Capitão-Mor e tributários.

A Depressão Sertaneja é o domínio geomorfológico de maior representatividade na região. Corresponde a uma superfície de aplainamento, onde o trabalho erosivo se fez sobre as rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico. Caracteriza-se por apresentar topografia suave ondulada, cortada ocasionalmente, por afloramentos rochosos.

No território da área do empreendimento, destaca-se a planície fluvial do riacho Capitão-Mor, como a mais significativa. O vale do riacho Capitão-Mor é aberto, com encostas relativamente suaves e fundo plano coberto por uma planície aluvial relativamente extensa.

#### 4.2.1.3 - Recursos Minerais

Com relação à ocorrência de minerais na área a ser ocupada pela bacia hidráulica da Barragem Capitão-Mor, durante a pesquisa de campo efetuada pelo Consórcio ANB/HIDROSTUDIO constatou-se apenas a presença de materiais pétreos, terrosos e granulares usados principalmente na construção civil. Segundo informações prestadas pelo DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral não foram requeridos junto a este órgão, até o presente momento, licenças para a exploração de recursos minerais na área englobada pela bacia hidráulica da Barragem Capitão-Mor.

Não foi constatada a presença de rochas carbonatadas na área, não havendo riscos de ocorrência de pontos de fuga que possam vir a comprometer a integridade do reservatório e a morfologia da região de entorno.

### 6.2.1.4 - Sismicidade Induzida

No Ceará as regiões sísmicas estão concentradas na região nordeste do Estado: Cascavel (Pitombeiras), Chorozinho, Pacajus e Palhano. Dessas regiões, foi Pacajus a que apresentou eventos de maior magnitude, chegando a atingir em 1980, 5,2 graus na escala Richter e intensidade VII na escala Mercalli. O Quadro 4.1 mostra a relação dos sismos com magnitudes superiores a 3,0 mb ocorridos no Estado do Ceará.

**Quadro 4.1**

**Relação dos Sismos com Magnitude mb  $\geq$  3,0  
Ocorridos no Estado do Ceará**

Localidade	Data	Magnitude (Mb)	Intensidade (MMI) (1)	Observações
BATURITÉ	02/1903	3,9	-	3 sismos
BATURITÉ	02/1903	4,1	VI	2 sismos
MARANGUAPE	24/11/1919	4,5	IV	-
ARACATI	14/04/1928	4,0	VI	-
PEREIRO	1968	3,9 - 4,5	V - VII	5 sismos (janeiro a março)
BEBERIBE	03/1974	-	V	vários sismos
SÃO LUIZ DO CURU	1974/1976	3,4	VI	Sismos alternados
IBARETAMA	07/1976	-	V	-
IBARETAMA	12/03/1977	3,9	-	-
PACAJUS	20/11/1980	5,2	VII	-
CASCADEL (PITOMBEIRAS)	22/04/1995	3,8	VI	-

FONTE: Ferreira, J.M., Sismicidade no Rio Grande do Norte in Simpósio sobre Sismicidade Atual em João Câmara (RN). Rio de Janeiro, 10 a 11 de novembro de 1986.p.32-48.

Berrocal, J. et alli, Sismicidade do Brasil. São Paulo, JAG/USP,1984  
Defesa Civil do Ceará.

Nota: (1) Intensidade Modificada de Mercalli.

Quanto à ocorrência de eventos sísmicos na área do estudo, observa-se que num raio de 100 km em torno do eixo estudado, há registro de ocorrência de atividades sísmicas em Cipó dos Anjos, no município de Quixadá (16 km), e Pereiro, considerada como área com tradição em eventos sísmicos e cuja distância aproximada da área do eixo é de 85,0 km. Extrapolando um pouco o raio de 100 km de entorno foram registradas ocorrências sísmicas isoladas em Ererê (105 km), em São João do Jaguaribe e Morada Nova, sendo este último considerado área com tradição sísmica.

Tendo em conta que os eventos sísmicos registrados são de magnitude baixa a moderada, e que a carga hidráulica associada ao reservatório é baixa, com valor máximo de 17 m, não são esperados questionamentos associados a sismicidade induzida que, tradicionalmente, são apenas tratadas em regiões de sismicidade moderada e para cargas hidráulicas máximas da ordem de 100 m.

## 4.2.2 - Solos

### 4.2.2.1 - Caracterização dos Solos da Área do Empreendimento

Os solos de maior expressão na área englobada pela bacia hidráulica da Barragem Capitão-Mor são os solos Litólicos Eutróficos, em associação com os solos Bruno Não Cálcicos e Solonetz Solodizados. Em seguida aparecem numa escala relativamente reduzida os Solos Aluviais da planície do riacho Capitão-Mor.

Observa-se que, em termos de potencial agrícola, a maior parte (85,0%) dos solos que serão submersos apresentam reduzido potencial agrícola, tendo como fatores restritivos aos seus usos, além da escassez de recursos hídricos, a pequena profundidade efetiva e a presença de pedregosidade/rochosidade superficial no caso dos Litólicos e dos Bruno Não Cálcicos. Os Solonetz Solodizados, por sua vez, apresentam elevados teores de sódio nos horizontes subsuperficiais e problemas de encharcamento/fendilhamento.

Os solos com potencial para desenvolvimento hidroagrícola estão representados praticamente pelos Aluviões, os quais estão sujeitos a riscos de inundações periódicas. Não foi constatada a presença de solos salinos na bacia de contribuição do futuro reservatório. Apresenta-se a seguir a descrição dos tipos de solos identificados na área do empreendimento.

#### a) Litólicos Eutróficos

São solos rasos, de textura arenosa/média, apresentando pedregosidade/ rochosidade superficial, drenagem moderada a acentuada, sendo bastante susceptíveis à erosão face à reduzida espessura.

Não se prestam ao uso agrícola, razão pela qual geralmente apresentam a sua cobertura vegetal preservada. Apresentam fortes limitações no que se refere à deficiência d'água no período seco e à difícil mecanização, em face da pequena profundidade dos solos e da pedregosidade/rochosidade superficial. São comuns as presenças de afloramentos rochosos associados a este tipo de solo.

São geralmente destinados à pecuária extensiva, sendo necessária a introdução de pastagens artificiais e a formação de reserva forrageira para o período seco. Atualmente constata-se nas áreas onde o horizonte A é mais espesso, pequenos cultivos de subsistência.

#### b) Bruno Não Cálcicos

São solos moderadamente profundos a rasos, de alta fertilidade natural, imperfeitamente drenados e bastante susceptíveis a erosão, apresentando textura arenosa/média no horizonte A e argilosa no horizonte subsuperficial. Caracterizam-se por apresentar pavimento desértico, constituído por calhaus e matações, na superfície do solo.

Do ponto de vista químico são solos com altos valores de saturação de bases, argila de atividade alta, reação moderadamente ácida a praticamente neutra, possuindo em sua composição mineralógica elevados teores de minerais primários facilmente decomponíveis, os quais constituem fontes de nutrientes para as plantas.

Apresentam como fatores restritivos ao uso agrícola, a soma de bases trocáveis alta, a pedregosidade superficial e a susceptibilidade à erosão, além da escassez d'água na maior parte do ano.

Prestam-se para o cultivo do algodão arbóreo e de culturas de subsistência, adotando-se variedades de ciclo curto. A utilização com pecuária parece ser a mais indicada, sendo necessário fazer reserva de forragem para o período seco. Atualmente a exploração destes solos centra-se na pecuária extensiva, além de áreas cultivadas com algodão e pastagens naturais. São aproveitados, também, em pequena escala, com culturas de subsistência.

#### c) Solonetz Solodizados

Compreende solos halomórficos com horizonte B solonézico ou nátrico, distinguindo-se por possuir estrutura colunar ou prismática, e alto teor de sódio nos horizontes subsuperficiais. São solos rasos a pouco profundos, imperfeitamente a mal drenados e bastante susceptíveis à erosão.

Quimicamente apresentam reação moderada a ligeiramente ácida no horizonte A e neutra a alcalina nos horizontes subsuperficiais, os quais apresentam, também, elevados valores para somas de bases trocáveis, saturação de bases e saturação com sódio trocável, principalmente no horizonte C.

Apresentam como restrição ao uso agrícola o elevado teor de sódio trocável nos horizontes subsuperficiais, além de condições físicas muito desfavoráveis ao manejo, grande susceptibilidade à erosão e escassez d'água no período seco. A exploração dos carnaubais nativos constitui o seu aproveitamento mais econômico. Atualmente a maior parte destes solos não é cultivada, sendo aproveitada com pecuária extensiva. Verifica-se, também a exploração de pequenos cultivos de subsistência.

#### d) Solos Aluviais Eutróficos

São solos de fertilidade natural alta, com drenagem moderada a imperfeita, sem problemas de erosão, mas com riscos periódicos de inundação. São moderadamente profundos a muito profundos. Ocupam as partes de cotas mais baixas da região, em relevo plano a suave ondulado, possuindo maior expressão geográfica quando ocorrem ao longo do riacho Capitão-Mor, a jusante do eixo barrável.

Apresentam texturas variadas desde arenosas até argilosas. Quanto às propriedades químicas, apresentam reação desde moderadamente ácida até alcalina, argila de atividade alta, baixa saturação de alumínio e alta saturação de bases.



São solos de grande potencialidade para a agricultura, não sofrendo maiores restrições ao seu uso, devendo ser cultivados intensivamente. A principal limitação ao uso agrícola decorre da falta d'água, face às insuficientes precipitações pluviométricas nas áreas semi-áridas. Há limitações ao uso de maquinário agrícola, principalmente nos solos argilosos imperfeitamente drenados. Além disso, as áreas destes solos estão sujeitas aos riscos de inundações periódicas.

Nas áreas secas, há necessidade de irrigação e drenagem, as quais devem ser conduzidas rigorosamente de maneira racional, a fim de evitar os riscos de salinização dos solos, haja vista que os teores de sódio em algumas áreas são significativos. Nas áreas de ocorrência destes solos, nota-se um aproveitamento agrícola intenso, estando às várzeas do riacho Capitão-Mor exploradas pela iniciativa privada através da agricultura de sequeiro.

#### 4.2.2.2 - Uso Atual dos Solos

Com base nas imagens de satélite LANDSAT, na escala de 1:100.000, complementadas com checagem de campo, o uso atual dos solos na região onde será implantada a Barragem Capitão-Mor, caracteriza-se como uma zona de potencialidade agrícola média, cujas atividades sofrem a influência das irregularidades climáticas. A pecuária é a atividade principal, sendo caracterizada pela criação extensiva, em grandes propriedades, de bovinos de leite. A agricultura tradicional integrada está baseada nos cultivos de algodão, milho, feijão e capim com produções voltadas para subsistência, alimentação do rebanho e abastecimento do mercado local. O plantio de fruteiras apresenta-se pouco representativo. A cultura do algodão, apesar de tradicional, não tem respondido às expectativas de produção, devido ao ataque de pragas (bicudo).

Quanto à situação das matas ciliares, as várzeas do riacho Capitão-Mor apresentam trechos com cobertura vegetal substituída por cultivos agrícolas, capeamentos gramíneo/herbáceos e capoeiras de caatinga de pequeno porte.

Na área da bacia hidráulica da Barragem Capitão-Mor observa-se o predomínio da caatinga de porte arbustivo, a qual apresenta maiores níveis de degradação ao longo da planície fluvial do riacho Capitão-Mor. Constata-se ao longo deste curso d'água e em alguns trechos de terras altas a substituição da caatinga por cultivos de subsistência (milho, feijão e algodão) e capineiras. Observa-se, ainda, a presença de áreas degradadas pelo extrativismo da lenha e para formação de pastos, bem como áreas em descanso, prática associada à agricultura itinerante desenvolvida na região. Não foi constatado o desenvolvimento de atividade hidroagrícola na área da bacia de contribuição da Barragem Capitão-Mor, nem tão pouco na área englobada pela sua bacia hidráulica.

#### 4.2.3 - Clima

Segundo a classificação de Köppen, a área do empreendimento possui um clima do tipo BSw'h' - quente e semi-árido, com estação chuvosa no outono. Dentro dos parâmetros estabelecidos por Gaussen, o clima local é 4 ath - tropical quente de seca acentuada, com o período de estiagem durando de 7 a 8

meses e um índice xerotérmico entre 150 e 200. Para caracterização do clima da área do projeto, optou-se pela adoção dos dados provenientes da estação hidroclimatológica de Quixeramobim, a qual localiza-se relativamente próxima à área do estudo e apresenta uma boa disponibilidade e qualidade de dados.

O regime pluviométrico da região é caracterizado pela heterogeneidade temporal, verificando-se uma concentração da precipitação no primeiro semestre, e uma variação em anos alternados de seus totais. Geralmente, a estação chuvosa tem início no mês de fevereiro e se prolonga até maio. O trimestre mais chuvoso é o de março/maio respondendo por 59,8% da precipitação anual. No semestre janeiro/junho este índice atinge 88,9%. A pluviometria média anual é de 858,5 mm, podendo-se constatar desvios acentuados em torno desta média, em decorrência da distribuição irregular das chuvas.

A temperatura média anual oscila entre 25,3°C e 27,8°C, apresentando, no decorrer do dia, valores mínimos entre 6 e 7 horas e máximos entre 14 e 15 horas. Os meses de agosto, setembro e outubro apresentam as mais altas temperaturas do ano, enquanto que as menores temperaturas são registradas nos meses de maio, junho e julho.

A umidade relativa média anual é de 65,5%, apresentando seus maiores valores no trimestre mais úmido (março/maio), quando atinge até 80,0%. Já no período de estiagem, as taxas decrescem, atingindo valores em torno de 57,0%, de agosto a dezembro.

A insolação média anual é da ordem de 2.760,7 horas, o que corresponderia, em tese, a aproximadamente 32,0% dos dias do ano, com luz solar direta. O trimestre de maior insolação é o de agosto/outubro e o de menor insolação é o de fevereiro/abril.

A nebulosidade definida como as décimas partes encobertas do céu, apresenta valores máximos nos meses mais chuvosos, chegando a atingir 9,0 décimos em abril e o mínimo de 2,0 décimos no mês de julho, período de estiagem. A nebulosidade média anual é de 5,5 décimos.

A evaporação média anual é da ordem de 2.069,5 mm, com o período de estiagem (julho/dezembro) respondendo por 66,1% do total anual, apresentando no mês de ápice, taxa média em torno de 9,1 mm/dia. Nos meses chuvosos, essa taxa cai para 3,0 mm/dia, sendo que o trimestre março/maio responde por apenas 12,9% da evaporação anual.

#### **4.2.4 - Recursos Hídricos**

##### **a) Hidrografia**

A bacia hidrográfica do riacho Capitão-Mor até o local do barramento, abrange uma área de 187,843km<sup>2</sup>, estando localizada na Bacia do Médio Jaguaribe.

Situada sobre terrenos de formação geológica predominantemente cristalina, razão de seu alto poder de escoamento e possuindo uma rede de drenagem dendrítica, a bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe drena uma área de 10.509 km<sup>2</sup>, apresentando uma extensão aproximada de 171 km, medidos desde a

inflexão do seu curso logo a jusante do Açude Orós até as imediações da cidade de Limoeiro do Norte. As declividades nesse trecho do rio variam de 0,02% a 0,83%, com uma média de 0,06%. Destacam-se como principais afluentes do Médio Jaguaribe os rios Salgado e Figueiredo, pela margem direita, e os riachos Manoel Lopes e do Sangue, pela margem esquerda.

O nível de açudagem no Médio Jaguaribe é baixo, destacando-se atualmente, os açudes Ema (10,4 hm<sup>3</sup>), em Iracema; Joaquim Távora (23,6 hm<sup>3</sup>), em Jaguaribe e Riacho do Sangue (61,4 hm<sup>3</sup>), em Solonópole. Estima-se que o número total de açudes nesta sub-bacia atinja 1.300 unidades, com volume global de armazenamento de aproximadamente 567 hm<sup>3</sup>.

Com relação ao riacho Capitão-Mor, afluente do riacho do Sangue, os cursos d'água que formam a sua bacia hidrográfica apresentam caráter intermitente. A bacia, ordenada em 4ª ordem, apresenta declividade média de 0,0488 m/m, coeficiente de compacidade 1,37 e coeficiente de forma 0,27. O nível de açudagem é pouco significativo, contando apenas com reservatórios de pequeno e médio porte, que não permitem a perenização dos seus cursos d'água.

b) Fontes de Poluição Hídrica Existentes e Potenciais

#### • Poluição por Efluentes de Esgoto Urbano

Atualmente, um dos maiores problemas enfrentados pela região que compreende a Bacia do Médio Jaguaribe é a poluição dos recursos hídricos pelo aporte de efluentes de esgotos domésticos, industriais e hospitalares lançados a céu aberto, ou canalizados diretamente para os cursos d'água sem tratamento prévio.

A bacia de contribuição da Barragem Capitão-Mor conta com apenas um núcleo urbano posicionados no seu território, a cidade de Milhã, situada cerca de 6,5 km do remanso da barragem. Ressalta-se, no entanto, que este núcleo urbano conta com projeto de esgotamento sanitário centrado no uso de lagoas de estabilização como forma de tratamento dos efluentes, estando os recursos para implantação das obras em fase de liberação.

#### • Riscos de Poluição das Águas Represadas por Agrotóxicos

Não foi constatada a presença de perímetros públicos de irrigação na bacia de contribuição da Barragem Capitão-Mor. Além disso, a irrigação difusa é uma prática pouco disseminada nesta região, dado à escassez de recursos hídricos. Assim sendo, pode-se afirmar que os riscos de poluição das águas represadas na Barragem Capitão-Mor pelo aporte de agrotóxicos são atualmente praticamente nulos.

#### • Riscos de Salinização das Águas Represadas

A Barragem Capitão-Mor não conta com a presença de solos salinos na sua bacia de contribuição, o que aliado ao baixo tempo de detenção da água no reservatório, tornam praticamente nulos os riscos de

salinização das águas aí represadas. Assim sendo, esta questão não precisa ser considerada na operação deste reservatório.

#### c) Qualidade das Águas Superficiais

Dado o seu caráter intermitente não foi possível apresentar no presente relatório dados sobre a qualidade das águas do riacho Capitão-Mor em termos físico-químicos e bacteriológicos, devendo-se, por ocasião do estabelecimento da quadra invernos, ser efetuada pela SRH uma campanha de amostras com esta finalidade.

Objetivando analisar a qualidade dos recursos hídricos superficiais da região foram apropriados os dados do Monitoramento Indicativo do Nível de Salinidade efetuado pela COGERH, englobando os reservatórios posicionados na Bacia do Médio Jaguaribe.

Quanto ao nível de salinidade, as campanhas de monitoramento empreendidas pela COGERH, em meados de 2001, nos principais açudes do Estado do Ceará revelam que o único açude monitorado na bacia do riacho do Sangue (açude Riacho do Sangue), na qual se insere o riacho Capitão-Mor, apresenta águas com níveis de salinidade baixo (CE igual a 0,25 miliSiemens, a 25°C), sendo classificadas para irrigação como do tipo C1.

#### **4.2.5 - Recursos Hídricos Subterrâneos**

Os sistemas aquíferos que ocorrem na bacia hidráulica da Barragem Capitão-Mor podem ser classificados como aquíferos cristalino e sedimentar, este último representado pelas Aluviões do riacho Capitão-Mor. O aquífero cristalino chega a ocupar cerca de 85,0% da área. Dentro do contexto aqui estudado, a implantação da Barragem Capitão-Mor poderá influir na alimentação destes aquíferos através de processos de infiltração vertical.

O aquífero cristalino apresenta a sua permeabilidade e coeficiente de armazenamento associados à extensão, grau de abertura e conexão das zonas de fraturamento das rochas, tendo um potencial hidrogeológico fraco. A recarga se dá através da pluviometria, rede hidrográfica e Aluviões, apresentando, no entanto, a circulação bastante restrita. Quanto à qualidade das águas, os aquíferos cristalinos apresentam potabilidade dentro do limite de passável a medíocre, devido a elevada concentração salina.

O aquífero Aluvial apresenta potencial hidrogeológico elevado a médio, tendo sua alimentação assegurada pelas precipitações e pelas infiltrações laterais provenientes dos cursos d'água nos períodos de enchentes. Funcionam como exutórios a evapotranspiração e os rios para os quais as águas do aquífero são drenadas no período de estiagem. Quanto à qualidade das águas, as Aluviões, apesar da alta vulnerabilidade, apresentam águas de boa potabilidade, com resíduo seco, quase sempre, inferior a 500 mg/l.

## 4.3 - MEIO BIÓTICO

### 4.3.1 - Flora

A cobertura vegetal da área engloba pela bacia hidráulica da Barragem Capitão-Mor pode ser dividida nos seguintes ecossistemas: caatinga hiperxerófila e matas ciliares. A caatinga hiperxerófila constitui a principal formação vegetacional da área em estudo, sendo caracterizada pelo caráter xerófilo. Em termos fitofisionômicos a cobertura vegetal da área apresenta na sua quase totalidade uma fisionomia arbustiva densa, relativamente degradada nas imediações do leito do riacho Capitão-Mor.

Aparecem entre as espécies arbóreas desta comunidade: pau branco (*Auxemma onocalyx*), catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), cumaru (*Amburana cearensis*), sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*), jucá (*Caesalpinia ferrea*) e pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*), entre outras. O estrato arbustivo é composto por mofumbo (*Combretum leprosum*), marmeleiro (*Croton sonderianus*), matapasto (*Cassia sericea*) e velame (*Croton campestris*). Nas áreas degradadas é freqüente a presença da jurema preta (*Mimosa acutitipula*).

Na área da bacia hidráulica do reservatório a caatinga apresenta-se preservada nos trechos de encostas. A montante desta área apresenta-se relativamente descaracterizada, pela interferência antrópica, através da agricultura itinerante, pecuária extensiva e retirada de lenha. Observa-se a presença de áreas ocupadas com vegetação secundária (capoeiras de caatinga), que não oferece nenhuma proteção ao solo.

As planícies fluviais dos cursos d'água que cortam a área são ocupadas por matas de várzeas, onde se observa a ocorrência de espécies como ingá bravo (*Lonchocarpus sericeus*), juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), oiticica (*Licania rigida*) e mulungu (*Erythrina velutina*), além de capeamentos gramíneo/herbáceos, arbustos e trepadeiras. A mata ciliar do riacho Capitão-Mor apresenta-se descaracterizada, estando substituída em diversos pontos por campos de macegas e capoeiras de caatinga, sendo observado um aumento progressivo das áreas antropizadas nos trechos onde o vale apresenta-se mais largo.

### 4.3.2 - Fauna

A semi-aridez vigente na região da bacia hidráulica do reservatório, aliada aos constantes desmatamentos e caça predatória vem contribuindo para que a fauna local se apresente pobre em espécies e com baixo grau de endemismo.

Dentre os mamíferos, as espécies remanescentes apresentam, geralmente, pequeno porte e são reprodutivamente prolíficos, apresentando em geral hábitos noturnos. Aparecem como representantes desta classe: raposa, preá, peba, guaxinim, cassaco, entre outros. Com relação aos répteis, aparecem com certa abundância cobras, camaleões, teiús e tijubinas, com destaque para as cobras venenosas, dentre as quais a jararaca e a cascavel.

As aves apresentam-se bastante diversificadas na área, muito embora sejam alvo predileto dos caçadores. Na área em pauta as espécies abundantes são rolinhas, anuns, tetéus, nambus, caborés, etc. As espécies extintas ou ameaçadas de extinção são seriema, periquito, carcará, sabiá, etc.

Quanto aos insetos, encontram-se na região pragas nocivas à agricultura como o bicudo do algodoeiro, gafanhotos, formigas de roça e lagartas, bem como espécies transmissoras de doenças (barbeiros, muriçocas e baratas). Os aracnídeos encontram-se representados pelas aranhas, escorpiões e lacraias, tendo como habitat preferencial, a caatinga.

A ictiofauna dos rios da região é pobre e altamente adaptada à ecologia regional. As espécies nativas mais comuns são: traíra, curimatã comum, cangati, cará, piaba e piau comum. Algumas espécies de peixes (curimatã, piau, piaba) descem e sobem o rio “mãe” na época da desova, fenômeno conhecido como piracema. Quanto às espécies piscícolas predadoras, foi constatada a presença de piranhas e pirambebas.

### **4.3.3 - Unidades de Conservação**

As áreas previstas para implantação das obras, bem como a bacia hidráulica da Barragem Capitão-Mor não interferem com territórios de unidades de conservação, nem tão pouco irão resultar em pressão antrópica sobre estas áreas.

Com efeito, a unidade de conservação situada mais próximo da área do barramento é representada pela Estação Ecológica do Castanhão e pela Estação Ecológica de Aiuaba, que distam cerca de 90,0 e 150,0 km da área da bacia hidráulica da Barragem Capitão-Mor, respectivamente, estando a primeira situada na região da Serra da Micaela, nos municípios de Jaguaribara e Alto Santo, enquanto que a segunda localiza-se na região dos Inhamuns, no município de Aiuaba.

## **4.4 - MEIO ANTRÓPICO**

### **4.4.1 - Área de influência Funcional**

#### **4.4.1.1 - Aspectos Demográficos**

Os municípios de Milhã e Solonópole, que compõem a área de influência funcional do empreendimento, ocupam uma área geográfica de 1.965,3 km<sup>2</sup>, o que representa apenas 1,3% do território estadual. De acordo com o IBGE, em 2000, a população total para o conjunto dos municípios contemplados era constituída por 29.930 habitantes. Nesse ano, a taxa de urbanização atingiu um percentual de 42,67%.

A carga demográfica calculada para a área de influência funcional foi de 15,23 hab/ km<sup>2</sup>, menor que a densidade demográfica constatada para o Estado (50,77 hab/ km<sup>2</sup>). No que se refere à análise da estrutura populacional por sexo, observou-se uma dominância do sexo masculino sobre o feminino, com 50,6% contra 49,4%.

As taxas anuais de crescimento das populações totais verificadas no período intercensitário de 1996/2000, demonstraram crescimento em todos os municípios, implicando em uma taxa média de 1,41% ao ano. Nesse período, todos os municípios apresentaram, também, crescimento de suas populações urbanas e rurais, exceto o município de Solonópole, cuja população rural sofreu regressão (-0,29% ao ano).

A estrutura etária da população revela a predominância da população jovem, traço comum na região Nordeste e no Estado. Tal fato é confirmado pelas estatísticas, visto que 41,7% da população total dos municípios considerados é composta por pessoas com idade inferior a 20 anos de idade. A população em idade adulta (20-59 anos), no mesmo patamar do percentual de jovens, compreende 41,8% da população total. Com uma participação bem inferior, 16,5% do contingente populacional, aparecem os maiores de 60 anos.

Com relação à distribuição de renda, os dados do IBGE (2000) indicam que 88,7% das pessoas responsáveis pelos domicílios recebe mensalmente rendimentos menores que dois salários mínimos, comprovando o baixo padrão de vida da população.

A taxa de analfabetismo atinge um percentual de 37,1% de analfabetos e semianalfabetos entre o total de pessoas maiores de cinco anos de idade, índice superior ao registrado para o Estado (29,3%). Entre a população economicamente ativa, com mais de 10 anos de idade, esse percentual cai para 32,6%, mesmo assim, esse percentual ainda é considerado elevado.

Constitui outro importante parâmetro para análise da qualidade de vida e o progresso humano de populações, o Índice de Desenvolvimento Humano, que leva em conta para o seu cálculo, além do PIB “per capita”, variáveis como expectativa de vida, longevidade e nível educacional. Para os municípios da área de influência funcional o IDH-M em 1991, constatou-se índices de 0,374 e 0,400, para Milhã e Solonópole, respectivamente. Tais índices são considerados baixos, mas bastante satisfatórios se comparados ao IDH-M do Estado (0,517).

#### 4.4.1.2 - Infra-estrutura Física e Social

##### a) Setor Educacional

O setor educacional dos municípios estudados dispõe de três níveis regulares de ensino (pré-escolar, fundamental e médio). Os estabelecimentos de ensino somam um total de 136 escolas, sendo a maioria (97,8%) dedicada aos ensinos de educação infantil e fundamental.

O número de alunos matriculados nestes estabelecimentos, no período letivo de 1999, atingiu 10.074 alunos. Deste total, 56,0% pertenciam ao município de Solonópole. O maior número de alunos foi matriculado no ensino fundamental (72,8%) e no pré-escolar (18,2%). O corpo docente que ministra aula aos ensinos pré-escolar, fundamental e médio perfaz um total de 524 professores.



As taxas de evasão do ensino fundamental e médio situam-se, respectivamente, entre 4,59% e 3,06% em Milhã, e 8,98% e 15,10% em Solonópole. As taxas de repetência são maiores no ensino fundamental, variando de 2,50% em Solonópole, a 4,43% em Milhã.

#### b) Setor Saúde

Os serviços de atendimento médico-hospitalar nos municípios que compõem a área de influência funcional do empreendimento estão abaixo das reais necessidades das comunidades, conforme acontece na maior parte das cidades nordestinas.

Em 1998, o número de postos e centros de saúde correspondia a 14 unidades. Os municípios contemplados não dispunham de hospital. Para o conjunto dos municípios, a relação leito por habitante correspondia a 2,12 leitos para cada grupo de 1.000 habitantes, menor que a relação constatada para o Estado do Ceará (2,41 leitos/1.000 habitantes).

Em termos de equipe de saúde, um total de 252 profissionais atuam nos municípios, com destaque para os agentes comunitários de saúde que respondem por 39,7%, e o corpo médico formado por 11,5% do total da equipe. Estes profissionais atuam na medicina preventiva, acompanhando 6.616 famílias, perfazendo uma população total assistida de 29.176 pessoas.

Dentre as doenças de veiculação hídrica, ocorreram em 1999, de acordo com dados da Secretaria de Saúde do Estado - SESA, 25 casos de hepatite viral em Milhã e três casos em Solonópole. O número total de casos notificados correspondeu a 1,0% do total notificado no Estado. A ocorrência dessa doença se deve, principalmente, à falta de saneamento básico adequado.

A taxa de mortalidade infantil calculada para os municípios contemplados, em 1999, atingiu 8,4 óbitos entre os menores de um ano de idade por mil nascidos vivos, em Solonópole, e 27,6‰ em Milhã. Nos citados municípios a TMI foi bastante inferior à calculada para o Estado (34,9‰), principalmente a de Solonópole.

#### c) Setores de Comunicação e Transportes

No caso específico da telefonia, existiam, até julho de 2001, 970 terminais telefônicos instalados nos municípios considerados. Em comparação ao total de telefones instalados em 1999, que foi de 841 terminais, observa-se um incremento de 15,3% no número de telefones em apenas dois anos. A entidade mantedora dos serviços telefônicos é a TELEMAR.

A ECT - Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos, mantinha em 1998, duas agências de correios na área estudada, sendo uma em cada sede municipal. Os municípios dispunham ainda de duas caixas de coleta de correspondências, uma agência de correio satélite e um posto de correio. Em Solonópole existia uma emissora de rádio operando em ondas médias (AM).



O setor de transportes é constituído por rodovias federais, estaduais e municipais, sendo a rodovia BR-226 a principal via de acesso aos municípios contemplados. O trecho da BR-226 que vai de Jaguaribe a Solonópole, encontra-se sem revestimento asfáltico. As estradas municipais que permitem o acesso às localidades e fazendas apresentam situação física precária na estação chuvosa e perfazem um total de 373 km.

O acesso aéreo e ferroviário mais próximo refere-se ao campo de pouso e à ferrovia da CFN existentes no município de Senador Pompeu.

#### d) Energia Elétrica e Saneamento Básico

Em 1998, existia nos municípios contemplados um total de 6.386 ligações de energia elétrica nas diversas classes de consumo, predominando a classe residencial, com 83,3% das ligações. Na zona rural, eram atendidos 495 consumidores. O consumo total de energia atingiu no referido ano, 7.981 mwh. O fornecimento de energia elétrica se encontra a cargo da COELCE - Companhia de Eletrificação do Ceará.

O abastecimento d'água nos municípios considerados é operado pela FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. Em 1998, existiam nos municípios, 2.744 ligações reais e 25.372 m de rede. Segundo dados do IBGE, em 2000, 45,2% dos domicílios dos municípios contava com rede geral de abastecimento, sendo 54,8% desprovidos desse tipo de benefício, precisando se utilizar de fontes como poços e outras.

Os municípios estudados apresentavam, em 2000, 1,6% dos domicílios atendidos com rede geral de esgotos ou pluvial, entretanto, os efluentes não recebem tratamento. A maior parte dos domicílios (50,8%) tinha como escoadouro sanitário fossas sépticas e/ou rudimentares, 47,2% não dispunha de instalações sanitárias e 0,4% destinava os efluentes a valas ou direto para cursos d'água. A cidade de Milhã conta com projeto de esgotamento sanitário que prevê o tratamento dos efluentes através de lagoas de estabilização.

O destino do lixo à coleta direta, em 2000, segundo o IBGE, foi constatado em 26,9% dos domicílios, o percentual restante era destinado a terrenos baldios (61,8%), queimado e/ou enterrado (10,9%) e 0,4% era lançado em riachos.

#### 4.4.1.3 - Atividades Econômicas

##### a) Setor Primário

De acordo com o IBGE, em 1996, a atividade agropecuária predominante nos municípios contemplados era a pecuária, participando com cerca de 53,6% do valor bruto da produção do setor. Em termos de número de estabelecimentos rurais por ramo de atividade, destaca-se também a atividade pecuária (52,0% dos estabelecimentos), seguindo-se a atividade mista (36,1%).

Em termos de área colhida, dados do IPLANCE de 1999, apontam as culturas do milho, do feijão e do algodão herbáceo como as mais representativas, com respectivamente, 5.500 ha, 5.000 ha e 1.920 ha colhidos. Em seguida vem arroz, com 550 ha cultivados. Quanto ao valor da produção, a cultura mais representativa era o feijão (48,1% do VBP), vindo em seguida o algodão herbáceo (23,8% do VBP).

A pecuária do conjunto dos municípios estudados apresentava como efetivo de principal retorno econômico, em 1997, o rebanho bovino (42.680 cabeças). Quanto aos efetivos de pequeno e médio porte, destaca-se o plantel avícola com 79.080 cabeças, ovino (38.160 cabeças) e caprino (9.500 cabeças). Geralmente, boa parte desses efetivos de pequeno e médio porte são destinados à subsistência dos produtores.

O nível tecnológico empregado na atividade agropecuária é baixo, considerando o pequeno percentual de propriedades que possuem tratores (0,5%), veículos utilitários (1,2%) e arados a tração animal ou mecânica (0,8%). No município de Solonópole a irrigação pública está representada pelo Perímetro Irrigado Niterói, com 30 ha de área irrigada.

#### b) Setores Secundário e Terciário

O setor industrial dos municípios dispunha, em 1998, de 20 estabelecimentos cadastrados, sendo o maior número pertencente ao ramo de indústrias de transformação (95,0% do total). Os gêneros com maior número de estabelecimentos industriais foram Produtos Alimentares (6 indústrias) e Mobiliário (4 indústrias). O município de Solonópole detinha 45,0% do total de estabelecimentos cadastrados.

Quanto ao setor terciário, foram cadastrados em 1998, 319 estabelecimentos comerciais ativos, geralmente pertencentes ao ramo de Produtos de Gêneros Alimentícios, e 11 estabelecimentos de serviços na região estudada, com destaque para os serviços de Saneamento, Limpeza Urbana e Construção. O município de Solonópole detinha 55,8% das casas comerciais e estabelecimentos de serviços existentes na área de influência funcional do empreendimento.

O setor terciário se destaca, nos dois municípios contemplados, como o principal setor a contribuir na formação do PIB municipal, atingindo 77,93% e 76,30% do PIB setorial dos municípios de Milhã e Solonópole, respectivamente.

#### 4.4.1.4 - Estrutura Fundiária

A estrutura fundiária vigente na área dos municípios estudados revela de imediato, a grande concentração fundiária típica da região Nordeste, onde a pequena e a média propriedade prevalecem em número sobre a grande propriedade ocupando, entretanto, um baixo percentual da área total.

Em 1999, conforme dados do IPLANCE, as pequenas propriedades dos municípios considerados classificadas como minifúndio chegavam a representar 70,0% do número total de propriedades ocupando apenas 26,1% da área total dos imóveis. Por outro lado, as médias e grandes propriedades,

representando apenas 4,2% do total dos imóveis rurais, ocupavam 30,1% da área total das propriedades rurais.

#### **4.4.2 - Área de Influência Física**

##### 4.4.2.1 - Generalidades

Foram efetuados levantamentos expeditos de campo na área da bacia hidráulica da Barragem Capitão-Mor, em meados de 2002, por equipe do Consórcio ANB/HIDROSTUDIO, os quais procuraram englobar todas as propriedades que serão afetadas com a implantação do reservatório.

Os levantamentos efetuados procuraram obter informações relativas ao número de propriedades a serem desapropriadas e suas respectivas áreas, infra-estruturas de uso público a serem atingidas, populações a serem remanejadas e atividades econômicas a serem paralisadas, entre outros. Apresenta-se a seguir a caracterização da área da bacia hidráulica elaborada com base nos dados levantados em campo.

##### 4.4.2.2 - Estrutura Fundiária

Os levantamentos preliminares de campo efetuados pelo Consórcio ANB/HIDROSTUDIO permitiram identificar que o número de imóveis atingidos pela formação do reservatório será da ordem de 33 imóveis rurais.

A situação fundiária vigente na área da bacia hidráulica da Barragem Capitão-Mor caracteriza-se pelo predomínio de pequenas propriedades, com 63,6% dos imóveis apresentando área média de 23 ha. Apenas quatro propriedades contam com áreas superior a 90 ha, respondendo por 12,1% dos imóveis aí existentes.

##### 4.4.2.3 - População Atingida

Quanto aos aspectos demográficos, a área onde será implantada a Barragem Capitão-Mor apresenta, em geral, densidade demográfica rarefeita, sendo relativamente comum a presença de habitações desocupadas.

A população a ser desalojada da área da bacia hidráulica da Barragem Capitão-Mor perfaz um contingente de 21 pessoas, distribuídas em 5 famílias. Com base nos valores apresentados, observa-se que o contingente populacional a ser remanejado (21 pessoas) é pouco expressivo.

##### 4.4.2.4 - Terras Indígenas

De acordo com informações fornecidas pela FUNAI - Fundação Nacional do Índio, não há ocorrência de reservas indígenas na área da bacia hidráulica da futura Barragem Capitão-Mor.

#### 4.4.2.5 - Infra-Estruturas de Uso Público a serem Atingidas

Com a formação do reservatório proposto, algumas infra-estruturas de uso público serão submersas ou sofrerão interferências fazendo-se necessário suas relocações ou a execução de obras de adaptação.

O setor rodoviário da bacia hidráulica é constituído preferencialmente por estradas vicinais que permitem o acesso as propriedades rurais. A formação do reservatório resultará, também, na interferência com uma ponte da rodovia BR-226, construída para a travessia do riacho Cipó, a qual deverá ter verificada a cota do seu tabuleiro e as condições de estabilidade dos aterros de encontro, para definição das medidas cabíveis.

#### 4.4.2.6 - Atividades Econômicas a serem Paralisadas

As atividades econômicas a serem paralisadas na área da bacia hidráulica da Barragem Capitão-Mor encontram-se representadas, principalmente, pela pecuária extensiva, seguida pela agricultura de subsistência, esta última centrada nos cultivos de milho, feijão, arroz, frutíferas (banana e manga) e capineiras. A produção agrícola destina-se a subsistência do produtor rural e sua família na maioria das propriedades pesquisadas.

A atividade pecuária é praticada de forma extensiva, estando centrada no rebanho bovino. A alimentação do rebanho é complementada com restos culturais e em algumas propriedades com forrageiras.

Foi constatada a presença de diversas olarias na área, geralmente destinadas à produção de tijolos para autoconsumo, com apenas duas destas tendo suas produções voltadas para a comercialização.

#### 4.4.2.7 - Patrimônio Cultural, Histórico, Arqueológico e Paleontológico

Não foi constatada na área da bacia hidráulica do futuro reservatório a ocorrência de monumentos históricos, sítios arqueológicos e paleontológicos, ou cavernas e grutas tombados, em processo de tombamento ou apenas identificados preliminarmente pelos órgãos competentes.

Em consulta realizada ao IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - 4ª Coordenação Regional e ao DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral sobre a ocorrência de sítios arqueológicos e paleontológicos na região do estudo, estes órgãos informaram que não constam em seus arquivos o registro de sítios arqueológicos e paleontológicos no município de Milhã, o que não significa a inexistência destes na região.

Com efeito, a região do Médio Jaguaribe, onde se situa o empreendimento ora em estudo, possui grande significância histórica e cultural para o Ceará, estando aí localizados alguns dos primeiros núcleos de ocupação do Vale do Jaguaribe, havendo registros de sítios arqueológicos no município de Jaguaribe (cerâmica). Quanto ao patrimônio paleontológico, foi constatada a presença de evidências paleontológicas nos municípios de Orós e Alto Santo.

Além disso, qualquer área escolhida para a implantação de obras hídricas pode ser considerada como de elevado potencial arqueológico e paleontológico. Com efeito, a experiência tem revelado que áreas até 500 m das margens das drenagens mais importantes apresentam alta incidência de artefatos pré-históricos, pois são áreas preferenciais para assentamento de populações dado a boa oferta de água, alimentos e matéria-prima para fabricação de instrumentos líticos. Além disso, os terraços fluviais e aluviões em geral recebem materiais fósseis transportado pelos rios. Assim sendo, deverá ser implementada a realização de estudos mais acurados na área antes do início das obras.

## 5 - IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

## 5 - IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

### 5.1 - METODOLOGIA ADOTADA

O método de avaliação adotado para a análise ambiental do projeto será uma listagem de controle (checklist) escalar. Consiste numa lista de todos os parâmetros e fatores ambientais que podem ser afetados pela implantação e operação do empreendimento, acrescidas da atribuição de uma escala de valores subjetivos aos parâmetros. O referido método atribui valores numéricos ou em forma de símbolos (letras e sinais) para cada fator ambiental, permitindo assim que sua avaliação qualitativa.

Desta forma, os impactos ambientais identificados serão discriminados de modo sistemático na checklist, considerando o seu caráter benéfico ou adverso, à nível dos meios abiótico, biótico e antrópico. Na análise dos impactos serão considerados os critérios de extensão; natureza; horizonte temporal, ou seja, a partir de quanto o impacto passa a ocorrer; reversibilidade; intensidade e duração/periodicidade, sendo adotado os seguintes indicadores:

- **Extensão:** 1 - Restrita a área parcial dentro do projeto, 2- Abrange toda a área do projeto, 3- Abrange a área do projeto e atinge parcialmente a área de influência funcional, 4- Abrange a área do projeto e atinge toda a área de influência funcional, 5- Abrange a área de influência funcional do projeto e 6- Abrange parcialmente a área do projeto e a área de influência funcional;
- **Natureza:** D - Direto e I - Indireto
- **Horizonte Temporal:** i - Imediatamente, m - A médio prazo e l - A longo prazo;
- **Reversibilidade:** R - Reversível e Ir - Irreversível;
- **Intensidade:** F - Fraco, M - Médio e Ft - Forte;
- **Duração/Periodicidade:** T - Temporário (Tc - De curta duração, Tm - De média duração e Tl - De longa duração), P - Permanente e C - Cíclico.

Objetivando melhorar a visualização da dominância do caráter dos impactos na checklist, o método adota a prática de colorir de verde os impactos benéficos e de vermelho os adversos. As tonalidades forte, média e clara dessas cores indicam, respectivamente, a importância significativa, moderada ou não significativa do impacto. Complementando a análise empreendida é designada a probabilidade de ocorrência dos impactos como alta, média e baixa.

### 5.2 - CHECKLIST DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS

A checklist de identificação e avaliação dos impactos ambientais concernentes ao Projeto da Barragem Capitão-Mor é apresentada no Quadro 5.1. Os impactos foram lançados segundo as etapas do empreendimento (implantação e operação), considerando os meios abiótico, biótico e antrópico. No caso específico da checklist elaborada para o projeto ora em análise os símbolos (letras ou sinais) foram substituídos pela grafia do significado correspondente visando facilitar a compreensão da avaliação empreendida.

QUADRO 5.1

1 + 2 + 3



## 5.3 - DESCRIÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS IDENTIFICADOS

### 5.3.1 - Impactos sobre o Meio Abiótico

Durante a implantação do empreendimento os impactos adversos incidentes sobre o meio abiótico da área das obras civis decorrem, principalmente, dos desmatamentos localizados e dos cortes, aterros e escavações requeridos durante a construção das obras e explorações das áreas de empréstimos. Haverá emissão em larga escala de poeiras e poluição acústica prejudicando temporariamente a qualidade do ar, além de pequenos abalos sísmicos provocados pelas detonações de explosivos durante a exploração da pedreira e as escavações requeridas na fundação e para construção do vertedouro.

Haverá perdas pontuais da qualidade dos solos decorrentes do desencadeamento de processos erosivos, resultando no carreamento superficial de sólidos para os cursos d'água periféricos. Consequentemente, haverá contribuições ao assoreamento dos leitos fluviais dos referidos cursos d'água e um aumento dos níveis de turbidez das águas.

Com o desmatamento da área da bacia hidráulica do reservatório (110 ha), haverá uma redução das taxas de infiltrações das águas pluviais, principalmente nas áreas com permeabilidade do solo baixa, com reflexos negativos sobre a recarga dos aquíferos. As condições climáticas da área serão alteradas ocorrendo uma pequena elevação da temperatura, ao nível de microclima, devido à erradicação da vegetação, visto que a bacia hidráulica apresenta uma parte de sua área com cobertura vegetal relativamente preservada. Em contrapartida, o desmatamento objetiva a preservação da qualidade da água represada, uma vez que evita a sua eutrofização pelo apodrecimento da vegetação que seria submersa.

As degradações impostas pela remoção da infra-estrutura existente na área da bacia hidráulica (poeira, ruídos, erosão dos solos e assoreamento dos cursos d'água) serão irrelevantes, estando restritas a áreas pontuais, uma vez que serão atingidas apenas cinco habitações na área da bacia hidráulica, as quais encontram-se dispersas pelas propriedades rurais.

Durante a exploração das jazidas de empréstimos haverá retirada da camada de solo fértil e exposição das áreas exploradas a ação de agentes erosivos, com risco de instabilidade dos taludes laterais das cavas de jazidas de material terroso e do areal. Consequentemente, haverá carreamento de sedimentos para os cursos d'água periféricos produzindo turbidez e assoreamento, além de redução da infiltração das águas pluviais diminuindo a recarga dos aquíferos. A poeira e os ruídos gerados serão decorrentes dos desmatamentos pontuais, dos movimentos de terra, do intenso tráfego de máquinas e veículos, das operações da usina de concreto e da central de britagem, e do uso de explosivo na escavação do vertedouro, de onde será obtido o material pétreo.

Quanto à ocorrência de patrimônio paleontológico nas áreas das obras, os levantamentos de campo, desenvolvidos em caráter preliminar, não detectaram nenhuma evidência da presença de sítios paleontológicos na área do empreendimento, também não há registros nos arquivos do DNPM de

evidências paleontológicas no território dos municípios de Milha. Entretanto como os terraços fluviais e aluviões recebem material fóssil transportado pelos rios, pode-se afirmar que toda área escolhida para a implantação de obras hidráulicas apresenta elevado potencial paleontológico, razão pela qual os órgãos competentes exigem o desenvolvimento de estudos mais acurados antes do início das obras.

Quanto à submersão de grandes extensões de solos agricultáveis, pode-se afirmar que cerca de 85,0% dos solos existentes na área da bacia hidráulica do reservatório apresentam limitações ao desenvolvimento hidroagrícola. Apresentam como restrições ao uso agrícola a pedregosidade e/ou rochosidade superficial, a pouca profundidade efetiva e a susceptibilidade a erosão, no caso dos Litólicos e dos Bruno Não Cálculos. Já os Solonetz Solodizados apresentam elevados teores de sódio nos horizontes subsuperficiais e problemas de encharcamento/ fendilhamento. Os Solos Aluviais que apresentam potencial agrícola médio a elevado, por sua vez, sofrem riscos de inundações periódicas.

Merece ressalva, no entanto, o fato da Barragem Capitão-Mor não contar com a presença de solos com elevados teores de sódio nos horizontes subsuperficiais (Planossolos Solódicos e Solonetz Solodizados) na sua bacia de contribuição, além de apresentar tempo de detenção baixo (3 anos), sendo portanto bastante reduzidos os riscos de salinização das águas represadas. Assim sendo, esta questão não precisa ser considerada na operação do reservatório.

O meio abiótico sofrerá, ainda, a redução temporária do escoamento natural do riacho Capitão-Mor durante a época chuvosa por ocasião da construção das obras; alterações no nível do lençol freático nas áreas de entorno do reservatório com a formação do lago, e redução do incremento anual de sedimentos nas planícies de inundação das áreas de jusante que não terão os nutrientes dos solos renovados naturalmente.

Haverá, ainda, a possibilidade de desencadeamento de processos erosivos a jusante do reservatório, uma vez que a retenção de sedimentos pelo barramento liberará para jusante uma água limpa com elevado potencial erosivo, entretanto está não deverá ser significativa, já que o riacho neste trecho apresenta uma planície fluvial não muito larga, não havendo riscos de deslocamento do talvegue do riacho e consequente formação de meandros.

Com o início da operação do reservatório haverá, também, aumento na disponibilidade de recursos hídricos superficiais na bacia do riacho Capitão-Mor permitida pela sua perenização e pela própria presença do reservatório, possibilitando o abastecimento d'água da população ribeirinha de jusante, bem como da cidade de Milhã e dos povoados de Monte Grave, Baixa Verde, Barra, Barra do Cipó, Segurança, Extrema e Cipó, beneficiando no horizonte do projeto uma população urbana da ordem de 11.427 habitantes. Haverá, ainda, o desenvolvimento da irrigação difusa nas áreas ribeirinhas de jusante e da piscicultura extensiva no lago a ser formado, além da dessedentação animal.

Ressalta-se ainda que o desenvolvimento da irrigação difusa proporcionado pela implantação do empreendimento ora em análise, certamente resultará num ligeiro aumento no consumo de agrotóxicos, havendo riscos de poluição hídrica principalmente nas imediações das áreas irrigadas. Tal impacto, no

entanto, pode ser revertido com a difusão através de um programa de educação ambiental de regras sobre o uso e manejo correto de agrotóxicos junto aos produtores rurais.

O fornecimento de uma vazão regularizada para o suprimento da demanda humana urbana e industrial, por sua vez, implicará em incrementos na poluição hídrica associados ao lançamento de efluentes sanitários e industriais "in natura" a céu aberto ou a sua canalização para os cursos d'água, o que pode ser contornado com a implementação de um sistema de esgotamento sanitário na cidade de Milhã, que já conta com o projeto elaborado, estando os recursos para implantação da obra em fase de liberação.

Os riscos de poluição das águas represadas por efluentes sanitários e industriais provenientes de núcleos urbanos posicionados a retaguarda da Barragem Capitão-Mor, estão associados apenas a presença da cidade de Milhã na sua bacia de contribuição, posicionada a cerca de 6,5km da bacia hidráulica do futuro reservatório. Ressalta-se, no entanto, que como comentado anteriormente a referida cidade já conta com seu projeto de esgotamento sanitário elaborado, estando os recursos para implantação da obra em fase de liberação.

Quanto à possibilidade de interferência hidrológica com outros reservatórios, a Barragem Capitão-Mor localiza-se numa bacia onde não existem grandes reservatórios a montante, sendo constatada apenas a presença do açude riacho do Sangue (61,4 hm<sup>3</sup>) a jusante, ou seja, não recebe aflúências significativas de vertimentos a montante e os seus próprios vertimentos só podem ser armazenados a jusante pelo açude riacho do Sangue.

Quanto aos riscos de sismicidade induzida estes são praticamente nulos, visto que os eventos sísmicos registrados na área de influência do reservatório são de magnitude baixa a moderada e que a carga hidráulica associada ao reservatório é baixa, com valores máximos de 17 m e médios de 8,0 m.

### **5.3.2 - Impactos sobre o Meio Biótico**

Os impactos negativos sobre o meio biótico ocorrerão logo após a desapropriação dos imóveis, pois haverá incentivo ao aumento da exploração extrativa vegetal, com o intuito de obtenção de benefícios em termos de renda. Tal atividade impactará negativamente a flora e provocará pequena evasão da fauna para as áreas circunvizinhas, só que numa escala reduzida já que a área da bacia hidráulica apresenta densidade demográfica bastante rarefeita. Na instalação do canteiro de obras os desmatamentos requeridos também atingirão pequena monta e estarão restritos a uma área pontual, incorrendo em danos a flora e degradação do habitat da fauna, só que, também, numa escala relativamente reduzida.

Assim sendo, o impacto mais significativo que incide sobre o meio biótico decorre do desmatamento da área da bacia hidráulica do reservatório. Devido à erradicação extensiva da cobertura vegetal haverá perda do patrimônio florístico e genético da flora e destruição do habitat da fauna terrestre e da avifauna, o que pode resultar em extinção de algumas espécies nativas, alterando a composição da fauna. Ressalta-se que na área da bacia hidráulica da Barragem Capitão-Mor a fisionomia da vegetação

apresenta-se variável, observando-se um predomínio da caatinga arbustiva densa, alternando-se com cultivos agrícolas e áreas com campos de macegas e capoeira de caatinga de baixo porte. As matas ciliares encontram-se degradadas em diversos trechos ao longo do riacho Capitão-Mor, apresentando a cobertura vegetal original substituída por áreas antropizadas compostas por plantios agrícolas e campos de macegas. Nos demais eixos de drenagem as matas ciliares apresentam-se relativamente preservadas. A área a ser desmatada abrange cerca de 110 ha. A fauna apresenta-se pouco representativa, sendo composta basicamente por pequenos mamíferos, aves e répteis, os quais apresentam-se pouco diversificados, sendo os insetos o grupo faunístico com maior significância na área.

Não foi constatada a ocorrência de endemismo na composição da vegetação ou da fauna, e as áreas previstas para as obras, bem como a bacia hidráulica do reservatório não estão localizadas em território de unidades de conservação, nem irão resultar em pressão antrópica sobre estas áreas. Com efeito, as unidades de conservação situadas mais próximo da área do barramento, são representadas pela Estação Ecológica do Castanhão e pela Estação Ecológica de Aiuaba, que distam cerca de 90,0 e 150,0km da área da bacia hidráulica da Barragem Capitão-Mor, respectivamente, estando a primeira situada na região da Serra da Micaela, nos municípios de Jaguaribara e Alto Santo, enquanto que a segunda localiza-se na região dos Inhamuns, no município de Aiuaba.

A fauna expulsa da área do projeto pela operação de desmatamento migrará para a região periférica passando a competir com a fauna aí existente em termos territoriais e alimentares. Haverá êxodo de animais peçonhentos e o afastamento de algumas espécies de pássaros provocará o incremento nas populações de insetos, inclusive os vetores de moléstias e os predadores da agricultura. A turbidez gerada pelo carreamento de sólidos para o leito dos cursos d'água perturbará os hábitos da ictiofauna.

Durante a implantação das obras os impactos incidentes sobre o bioma decorrem principalmente dos cortes, aterros e escavações necessários e da exploração de jazidas de empréstimo. Os principais danos decorrentes destas atividades serão a perda do patrimônio florístico e expulsão da fauna, a exemplo do que foi descrito anteriormente, só que numa escala relativamente inferior.

A construção de estradas de serviços cortando os caminhos preferenciais da fauna terrestre, irá expô-la, bem como as aves ao contato humano, incentivando a prática da caça predatória e aumentando os riscos de atropelamentos. Além disso, a fauna terá seus hábitos alterados devido a grande movimentação de máquinas e veículos pesados e ao uso de explosivos durante as escavações requeridas na fundação e para construção do vertedouro, dado os elevados níveis de ruídos gerados.

A interrupção temporária do fluxo d'água na calha do riacho Capitão-Mor, durante a implantação das obras prejudicará a ictiofauna. Além disso, a presença física do barramento provocará a interrupção do fenômeno da piracema (migração dos peixes para as cabeceiras dos rios no período de desova), com extinção de algumas espécies.

Em contrapartida, com a formação do reservatório será criado um habitat permanente para a fauna aquática, muito embora algumas espécies não se adaptem a alteração do regime hídrico de lótico para lântico. Além disso, o fornecimento de vazão regularizada para a área de jusante permitirá a renovação periódica das águas represadas na Barragem Capitão-Mor, preservando a sua qualidade e beneficiando de forma indireta o bioma aquático.

### **5.3.3 - Impactos sobre o Meio Antrópico**

Durante a execução da pesquisa de campo, houve a difusão da notícia de que seria construído na região um reservatório para abastecimento da cidade de Milhã e dos povoados de Monte Grave, Baixa Verde, Barra, Barra do Cipó, Segurança, Extrema e Cipó, bem como para o suprimento da população ribeirinha de jusante e para a dessedentação animal. Tal notícia impactou de forma benéfica à população que tinha como anseio poder contar com uma fonte hídrica permanente suprimindo a carência hídrica da região. Observou-se também um certo receio de não receber indenizações justas e em tempo hábil.

Quanto à desapropriação de terras e conseqüente mobilização de um contingente populacional para fora da área. No caso do projeto ora em pauta, estes efeitos serão pouco significativos, uma vez que resultará na relocação de apenas 21 pessoas distribuídas em cinco famílias, o que pode ser considerado pouco expressivo. Além disso, uma parcela desta população poderá continuar residindo em áreas remanescentes das propriedades que serão apenas parcialmente atingidas. Com efeito, os 33 imóveis que terão suas áreas total ou parcialmente submersas pelo reservatório, perfazem uma área total de 828,0 ha. Como a área da bacia hidráulica da Barragem Capitão-Mor perfaz apenas 110 ha, pode-se afirmar que algumas propriedades contarão com áreas remanescentes.

A SRH ainda não se posicionou quanto à medida a ser adotada para o reassentamento das famílias desalojadas, entretanto tendo em vista que alguns imóveis atingidos terão áreas remanescentes, sugere-se a adoção do sistema de permuta, ou seja, casa por casa. Para as famílias que não se enquadrarem nesta situação devem ser estudadas outras soluções, envolvendo o reassentamento em núcleos urbanos próximos e a compensação monetária, sempre em comum acordo com a preferência do indivíduo atingido.

Haverá abalos ou até mesmo ruptura de relações familiares e sociais e é previsível a geração de tensão social face as incertezas criadas pelo processo desapropriatório, havendo o temor dos valores pagos pelas indenizações não serem compatíveis com os valores dos bens perdidos.

Além disso, o reassentamento da população devido envolver questões emocionais e de ordem cultural, embora seja efetuado dentro das normas técnicas pode não satisfazer as expectativas da população alvo, a qual pode não se adaptar ao novo modo de vida. Desta forma, o índice de indefinições é relativamente alto para o meio antrópico da área de influência física do empreendimento. Ressalta-se, no entanto, que este impacto irá atingir um número bastante reduzido de pessoas, visto que o contingente populacional a ser reassente é composto apenas por cinco famílias.

Quanto às atividades econômicas paralisadas, centradas na pecuária extensiva e na agricultura de subsistência, estas são pouco significativas, dado à escassez de recursos hídricos na região e ao fato de boa parte dos solos da área apresentarem restrições ao uso agrícola. A infra-estrutura privada abandonada será de pouca monta, estando restrita a habitações, estábulos, currais e cercas. Não haverá desemprego significativo da mão-de-obra, uma vez que uma parcela da população pode continuar explorando o restante de suas terras.

Com relação à infra-estrutura de uso público atingida, esta se encontra restrita a trechos de estradas vicinais que permitem o acesso as propriedades rurais da região e a interferência com a ponte da BR-226, sobre o riacho Cipó, a qual deverá ter verificada a cota do seu tabuleiro e as condições de estabilidade dos aterros de encontro, para definição das medidas cabíveis.

Durante a implantação das obras, as cidades de Milha e Solonópole, localizadas nas proximidades da área do projeto, terão suas funções econômicas e sociais sensivelmente alteradas pelo início dos trabalhos e, em particular, pelo aparecimento da nova comunidade operária. Dado a proximidade da área do empreendimento do núcleo urbano de Senador Pompeu, centro polarizador da economia da região, é muito provável que o contingente obreiro exerça um aumento na demanda de bens e serviços neste núcleo urbano, entretanto dado o grande porte apresentado por este, os impactos decorrentes desta ação só serão sentidos em áreas localizadas. Do conjunto de impactos que surgem desse contato, pode-se prever os seguintes:

- Geração de mini-inflação: com a chegada do contingente obreiro, haverá um aumento da demanda por bens e serviços na região. Como a oferta dificilmente irá aumentar na proporção necessária, pode-se prever uma elevação dos preços que, em alguns casos pode chegar a ser bastante significativa. Os principais prejudicados por este processo inflacionário serão os habitantes locais, cujas rendas não acompanham estes aumentos de preços. O contingente obreiro, por sua vez, tem remunerações normalmente superiores à média regional, estando assim mais imunes à carestia. Além disso, em torno do canteiro de obras geralmente surge um setor informal dedicado as atividades terciárias diversas, que interferem na disponibilidade de bens e serviços, aumentando sua oferta e sua demanda como consumidor. Como consequência, este setor tem um papel importante, ainda que dúbio, sobre a geração da mini-inflação regional;
- Provável ocorrência de choques culturais entre os costumes nativos e os dos recém-chegados, com reflexos sobre as relações familiares e sociais;
- Pressão sobre a infra-estrutura existente: o aporte do contingente obreiro gerado pelo empreendimento criará pressão de demanda sobre o conjunto de serviços públicos existentes, dimensionados apenas para o atendimento da população local;
- Mercado de trabalho: dada a sua magnitude, o empreendimento irá interferir no mercado de trabalho da região, através da oferta de um grande número de empregos para mão-de-obra não qualificada (cerca de 200 empregos). A oferta de empregos com salários superiores aos vigentes

na região provocará a evasão da mão-de-obra dos setores produtivos tradicionais. Entretanto estes impactos não serão tão relevantes, já que a região conta com um grande contingente de mão-de-obra desempregada, se caracterizando como expulsadora de mão-de-obra;

- Economia regional: haverá também efeitos indiretos da obra sobre a economia regional, tanto devido aos gastos com pagamentos de salários, quanto a aquisição de material de construção, explosivos e gêneros alimentícios para a alimentação dos trabalhadores engajados na obra, entre outros.

A construção de vias de serviços e a manutenção da malha viária existente facilitará o deslocamento e pessoas e o escoamento da produção agrícola, com reflexos positivos sobre a opinião pública. Além disso, o reservatório servirá de hidrovía, facilitando o deslocamento através de um meio de transporte mais econômico.

Os problemas de saúde associados à implantação do empreendimento não constituem, em essência, problemas particularmente diferentes daqueles que atingem uma dada comunidade. No entanto, fatores tais como agrupamentos de operários numa área específica e uma cronologia rígida, que obriga uma sincronização de atividades, marcando o ritmo de todo o processo são responsáveis pela maior incidência de impactos negativos sobre saúde, visto que:

- Há possibilidade de proliferação de doenças trazidas pelo contingente obreiro radicado no canteiro de obras, ou atraído pelas obras e fixado nos núcleos urbanos da região e favorecidas pelas novas condições sanitárias agravadas com o aumento da população;
- O intenso tráfego de máquinas e caminhões pesados aumentará os riscos de acidentes envolvendo a população;
- Riscos de desmoronamentos dos taludes de valas durante as explorações das jazidas de material terroso e areia, dado a estrutura pouco coesa do terreno;
- Riscos de acidentes com explosivos durante a exploração da pedreira e as escavações da fundação e do vertedouro.

Além dos problemas de saúde acima mencionados, durante o desmatamento da bacia hidráulica do reservatório aumentam os riscos de acidentes envolvendo animais peçonhentos, tanto para os trabalhadores engajados nesta atividade, como para a população periférica. Assim sendo, durante a implantação das obras é previsível a ocorrência de pressão sobre a infra-estrutura do setor saúde regional, dimensionado apenas para o atendimento da população nativa.

Haverá ainda transtornos causados ao tráfego de veículos e empecilhos criados ao deslocamento de pedestres, por ocasião da relocação de trechos de estradas vicinais que permitem o acesso a propriedades rurais da região e das obras a serem efetuadas na ponte da BR-226. Tais impactos podem



ser contornados com a implementação de desvios temporários de tráfego. Estes trechos devem ser alvo de intensa sinalização, sendo para tanto contactado o órgão competente.

Com a implementação do desmatamento da área das obras é previsto, além da geração de empregos diretos, o surgimento de diversas oportunidades de empregos indiretos através do aproveitamento dos subprodutos dos desmatamentos (lenha, carvoaria, etc.), beneficiando o setor terciário.

A exemplo do que ocorre com o patrimônio paleontológico, os riscos de dilapidação do patrimônio arqueológico também podem ser considerados relevantes, visto que alguns municípios da região abrigaram os primeiros núcleos de povoamento do vale do Jaguaribe, onde se instalaram as primeiras fazendas de gado do chamado ciclo do ouro, durante a colonização européia. Além disso, qualquer área escolhida para a implantação de obras hídricas pode ser considerada como de elevado potencial arqueológico. Com efeito, a experiência tem revelado que áreas até 500m das margens das drenagens mais importantes, apresentam alta incidência de artefatos pré-históricos, pois são áreas preferenciais para assentamento de populações dado a boa oferta de água, alimentos e matéria-prima para fabricação de instrumentos líticos. Assim sendo, deverá ser implementada a realização de estudos mais acurados antes do início das obras, inclusive com a execução de prospecções arqueológicas caso se faça necessário.

Com o término das obras haverá desemprego da mão-de-obra engajada no empreendimento, além do desaquecimento da economia local, com reflexos negativos sobre o nível de renda, o que contribuirá para a geração de tensão social. Os trabalhadores e a população da região devem ser alertados, desde o início da implementação do projeto, sobre o caráter temporário dos empregos ofertados e das atividades desenvolvidas.

Com o início da operação do reservatório, haverá um impulso no desenvolvimento do setor primário da região através do desenvolvimento da irrigação difusa nas áreas ribeirinhas pela iniciativa privada decorrente da perenização do riacho Capitão-Mor, o que permitirá ao homem rural auferir rendas superiores às obtidas na agricultura de sequeiro, tendo reflexos positivos sobre a arrecadação tributária.

Haverá, ainda, o desenvolvimento da piscicultura extensiva com o peixamento do reservatório pelo órgão empreendedor e conseqüente formação de colônias de pescadores no lago a ser formado, e a dessedentação animal.

O empreendimento ora em análise garantirá ainda o reforço ao abastecimento d'água humano e industrial da cidade de Milhã e dos povoados de Monte Grave, Baixa Verde, Barra, Barra do Cipó, Segurança, Extrema e Cipó, beneficiando no horizonte do projeto, uma população urbana da ordem de 11.427 habitantes, além da população ribeirinha de jusante. Com a garantia de um fornecimento d'água regularizado haverá incentivo ao desenvolvimento dos setores industrial e de comércio e serviços da cidade de Milhã.



O fornecimento d'água regularizado elevará os padrões de higiene da população, além de permitir o consumo de água de boa qualidade. Tudo isso impactará de forma benéfica à saúde da população e consequentemente o próprio setor saúde, pois são bastante representativos os números de casos de doenças de veiculação hídrica por ingestão de água contaminada na região.

Com relação à ocupação da mão-de-obra, haverá um aumento na oferta de empregos estáveis, tornando as relações de produção mais humanas e o modo de vida da população mais estruturado, dado o desenvolvimento da irrigação difusa pela iniciativa privada e dos setores industrial e de comércio e serviços na cidade de Milhã.

A operação e manutenção da infra-estrutura do reservatório demandarão serviços que geram uma oferta adicional de oportunidades de empregos permanentes. O aumento da renda do homem rural, por sua vez, propiciará uma maior demanda de bens e serviços de consumo que dinamizará as atividades econômicas dos centros urbanos próximos. Tudo isso resultará na redução dos problemas sócio-econômicos decorrentes do fenômeno das secas, dado a fixação do homem no campo.

## **6 - PLANOS DE MEDIDAS MITIGADORAS E/OU COMPENSATÓRIAS**

## 6 - PLANOS DE MEDIDAS MITIGADORAS E/OU COMPENSATÓRIAS

### 6.1 - GENERALIDADES

O melhor aproveitamento dos impactos benéficos e a mitigação ou a absorção de impactos adversos decorrentes da implementação do empreendimento, somente serão possíveis mediante a adoção de medidas de proteção ambiental preconizadas a seguir. Os planos aqui apresentados compreendem diretrizes gerais, devendo ser posteriormente convertidos em projetos específicos, adequados a realidade local.

Ficará a cargo do empreendedor a elaboração e implementação dos projetos aqui sugeridos, cabendo ao órgão ambiental competente, no caso a SEMACE, supervisionar todas as etapas de implantação dos projetos, assim como auxiliar na orientação dos serviços a serem executados.

### 6.2. - PLANO DE DESMATAMENTO ZONEADO DA BACIA HIDRÁULICA

O desmatamento zoneado da área a ser inundada objetiva, além do atendimento à legislação vigente, atingir as seguintes metas: limpeza da área da bacia hidráulica, tendo em vista a conservação da água represada; salvamento da fauna e sua condução para locais de refúgio; preservação da faixa de proteção do reservatório definida pela Resolução CONAMA nº 004/85; aproveitamento dos recursos florestais gerados pelo desmatamento; proteção dos trabalhadores e da população circunvizinha contra o ataque de animais, principalmente os peçonhentos.

A Barragem Capitão-Mor, ora em análise, deverá inundar uma área de 110 ha, cuja cobertura vegetal encontra-se composta predominantemente por vegetação de caatinga arbustiva densa, enquanto que as áreas de várzeas apresentam a vegetação nativa substituída por capeamentos gramíneos/herbáceos, capoeiras de caatinga de porte arbustivo e cultivos agrícolas. Cerca de 30,0% da cobertura vegetal da área da bacia hidráulica encontra-se degradada.

Para a concepção do projeto de desmatamento zoneado da área do reservatório deve ser elaborado, a princípio, um diagnóstico florístico e faunístico, visando, não só a identificação e caracterização destes recursos, como a verificação da necessidade de adoção de medidas que minimizem os impactos potenciais incidentes sobre estes, devendo ser executadas as seguintes tarefas: elaboração de perfis representativos de cada fácies vegetal identificada na área; elaboração de um mapa da composição florística da área da bacia hidráulica e cercanias, identificando as áreas de reservas ecológicas e zonas de refúgio para a fauna; identificação das espécies da fauna, definindo as espécies de maior importância ecológica no que diz respeito aos seus hábitos, fontes de nutrição, migrações e interações com o meio natural; identificação dos locais de pouso e reprodução de aves, de desova dos répteis, além de refúgios e caminhos preferenciais da fauna.

Antes que sejam iniciados os trabalhos de desmatamento, deverão ser estimuladas as atividades de pesquisa florística por entidades científicas e a coleta de material para a formação de um herbário. Em

Fortaleza existem duas instituições científicas que podem ser engajadas nesta atividade, o Herbário Prisco Viana da Universidade Federal do Ceará e o Herbário Afrânio Fernandes da Universidade Estadual do Ceará.

A área a ser desmatada encontra-se delimitada pela cota de máxima inundação (184,53 m), ou seja, o desmatamento deve ser realizado apenas dentro da bacia hidráulica do reservatório. Ressalta-se, no entanto, que devem ser resguardadas áreas visando criar e posteriormente proteger o habitat paludícola/aquático para a ictiofauna e demais comunidades lacustres.

No caso específico da Barragem Capitão-Mor as áreas a serem preservadas estão restritas à faixa de proteção do reservatório, conforme dita a Resolução CONAMA nº 004/85. Assim sendo, deve ser desapropriada pela SRH uma faixa marginal de 100 m, medidos horizontalmente da cota de máxima inundação, a qual será destinada à faixa de proteção do reservatório. Esta área serve de barreira ao aporte de sedimentos e agentes poluentes, bem como de reserva vital à recuperação e/ou melhoria do sistema natural da área de influência do reservatório.

Quanto às técnicas de desmatamento, a área a ser englobada pela bacia hidráulica do reservatório apresenta solos rasos a medianamente profundos, com ocorrência de afloramentos rochosos, relevo suave ondulado a ondulado e densidade vegetacional média a densa nas áreas de matas e capoeiras. Logo, pelas suas características, é possível prever a necessidade da utilização dos métodos manual e mecânico. Nas operações de desmatamento e destoca, através do método mecânico, deverão ser utilizados tratores de esteiras com potência variando de 120 a 150 Hp, equipados com lâminas do tipo frontal reta-S, cujo rendimento aproximado é de 1,0 ha/hora. Nas operações de enleiramento, para que não ocorra o carreamento de terra juntamente com os restolhos, devem ser usados tratores de esteiras equipados com ancinhos enleiradores.

O desmatamento deve ser iniciado a partir do barramento em direção à montante, de forma a possibilitar um espaço de tempo necessário à fuga da ornitofauna e da fauna terrestre de maior mobilidade. Recomenda-se a execução do desmatamento durante o período de estiagem, dado a maior disponibilidade de mão-de-obra na região, principalmente, no caso de adoção do método manual.

À medida que as frentes de serviços forem avançando, deverão ser formados corredores de escape, que permitam a fuga da fauna para áreas de refúgio. Os corredores de escape constituem faixas de vegetação preservadas da ação antrópica, que permitem a interligação entre as áreas a serem desmatadas e as reservas ecológicas, cujas dimensões fixadas devem ser respeitadas, só devendo ser eliminados após a conclusão dos trabalhos de desmatamento nas diversas áreas. A largura dos corredores de escape deve ser de no mínimo 15 m, facilitando assim o livre trânsito da fauna de maior porte e mais arisca. De modo a permitir uma melhor acomodação da fauna, os corredores de escape deverão, também, fazer a interligação entre reservas ecológicas.

A população nativa e os próprios trabalhadores devem ser alertados para o fato dos corredores de escape constituírem áreas proibidas ao trânsito de pessoas, pois os animais acuadaos poderão provocar

acidentes. Além disso, deve ser estabelecida uma fiscalização que proíba a caça durante os trabalhos de desmatamentos.

Os recursos florestais da área contam com espécies de valor econômico e/ou medicinal, além daquelas fornecedoras de madeira e lenha. Com exceção das espécies destinadas a exploração da lenha, as demais espécies apresentam-se esparsamente distribuídas na área a ser desmatada. Para um melhor aproveitamento da madeira devem ser adotadas as seguintes recomendações:

- Concessão de franquia à população para a exploração da lenha e de tipos vegetais úteis à medicina caseira, proporcionando assim um estímulo ao replantio;
- Coordenação dos órgãos públicos envolvidos no sentido de orientar a população quanto às formas de acondicionamento e os melhores usos, segundo os vários tipos de vegetais;
- Acondicionamento de espécies vegetais raras em bancos de germoplasma para posterior replantio na área da faixa de proteção do reservatório.

A quantificação do estoque madeireiro existente na área a ser desmatada deverá ser efetuada através de amostragem aleatória de blocos com dimensões 10 m x 10m, dentro dos quais serão avaliados os seguintes parâmetros: diâmetro da altura do peito (DAP) de cada espécie; DAP médio de cada bloco; altura média (H) de cada espécie e dos blocos; volume médio (V) das árvores de cada bloco; fator de empilhamento (Fe) de cada bloco. Os valores obtidos são importantes para a análise do crescimento vegetal, bem como para a comercialização do estoque madeireiro.

A execução do desmatamento demandará um período de 7 dias, tendo como base o rendimento do método mecânico com 2 tratores de 120 HP (1 ha/hora cada trator), sendo efetivado próximo ao início do enchimento do reservatório. Tal medida deverá ser executada pela Empreiteira, sob a fiscalização da SRH, da SEMACE e do IBAMA. Os custos a serem incorridos com o desmatamento zoneado da área da bacia hidráulica do reservatório já foram previstos pela Projetista, estando inclusos no orçamento das obras da barragem.

### 6.3 - PLANO DE PROTEÇÃO E MANEJO DA FAUNA

Os impactos incidentes sobre a fauna, dada a erradicação do seu habitat natural durante os trabalhos de desmatamento, podem ser minimizados através de sua transferência para as áreas de reservas ecológicas. A implementação de corredores de escape, durante as operações de desmatamento, permitirá a fuga da fauna que ainda permanecer na área do reservatório para as zonas de refúgio. No entanto, alguns animais que tiverem retornado ao seu antigo habitat, precisarão ser capturados para posterior soltura nas reservas.

O manejo da fauna deverá ser executado por equipe técnica especializada, contratada pelo órgão empreendedor do projeto, podendo ser engajado nesta atividade as seguintes instituições de pesquisa: Núcleo de Ensino e Pesquisa em Ciência (NEPC), Centro de Ciência e Tecnologia (CCT), ambos

vinculados à Iniversidade Estadual do Ceará (UECE), Departamento de Biologia e Laboratório Regional de Ofiologia de Fortaleza (LAROF), pertencentes à Universidade Federal do Ceará.

Na captura, acondicionamento e transporte da fauna devem ser seguidas determinadas normas de acordo com as particularidades de cada espécie animal. Assim sendo, mamíferos, que na região são, em geral, de pequeno e médio porte, com várias espécies arredias, devem ser desentocados com o uso de varas compridas e/ou fumaça, e aprisionados através de redes para posterior acondicionamento em caixas apropriadas.

Parte da entomofauna, aqui representada por vespas e abelhas devem ter seus ninhos transferidos para árvores localizadas nas zonas de refúgio da fauna. Já as aranhas e outros invertebrados deverão ser capturados com pinças e colocados em vidro de boca larga com tampa rosqueada.

Tendo em vista que a época de procriação de uma parcela representativa da ornitofauna coincide com a estação das chuvas, recomenda-se que o desmatamento seja executado durante o período de estiagem, quando ocorrem poucas espécies nidificando, evitando-se assim a destruição de ninhos e ovos. Os métodos de captura mais aconselhados para pássaros são alçapão com chamariz e a rede de neblina com quatro bolsas, sendo o tranporte feito em sacos de algodão.

Quanto aos répteis, as serpentes deverão ser capturadas com o uso de laço ou de ganchos apropriados e acondicionadas em caixas especiais. As serpentes capturadas deverão ser enviadas vivas para o LAROF. Pequenos lagartos e anfíbios deverão ser coletados com as mãos e transportados em sacos de pano.

As caixas destinadas ao acondicionamento e transporte de animais, deverão oferecer segurança contra fuga e traumatismo, ventilação adequada e facilidade de transporte. Deve-se evitar a ocorrência de superlotação, sob a pena de acelerar o processo de “stress” dos animais, bem como a colocação de animais com incompatibilidade inter/intra-específica (predador x presa) numa mesma caixa.

Os animais seriamente debilitados e que tenham comprometida a sua sobrevivência, e os que, porventura, morrerem durante a operação de desmatamento ou resgate deverão ser enviados vivos ou mortos para instituições de pesquisa em Fortaleza, onde serão incorporados à coleções científicas, tornando-se registros da fauna da região.

Durante a operação de desmatamento os trabalhadores e a comunidade local ficarão expostos a acidentes com mamíferos, animais peçonhentos (serpentes, aranhas, escorpiões e lacraias), abelhas e vespas. Assim sendo, medidas que previnam estes acidentes deverão ser adotadas durante a execução dos trabalhos.

A equipe engajada no resgate da fauna deverá receber treinamento sobre identificação e técnicas de capturas de animais, especialmente dos peçonhentos, além de estarem adequadamente trajados com

botas e luvas de cano longo feitas de couro ou de outro material resistente. Deverão compor a equipe, indivíduos treinados na prestação de primeiros socorros.

Os responsáveis pelas operações de desmatamento e de manejo da fauna deverão, antes do início desta última atividade, manter contato com os postos de saúde da região, certificando-se da existência de pessoal treinado no tratamento de acidentes ofídicos, bem como de estoque de soros dos tipos antiofídicos e outros. Deverá, ainda, ser divulgado junto à população local, as principais medidas de prevenção de acidentes com animais peçonhentos através da distribuição de cartilhas.

A remoção de colméias e vespeiros deverá ser feita por pessoal especializado e devidamente equipado, sendo posteriormente transferidos para as áreas de reservas ecológicas.

Caso ocorra acidentes com cobras, devem ser tomadas as medidas de primeiros socorros recomendadas para estes casos, até que haja atendimento médico adequado. A serpente agressora deve ser capturada para que possa ser identificado com mais segurança o tipo de soro a ser ministrado.

Já na ocorrência de acidentes envolvendo mamíferos silvestres, deve-se manter o animal agressor em cativeiro pelo período de 10 dias, visando detectar uma possível contaminação pelo vírus da raiva. O trabalhador agredido deverá ser submetido imediatamente a tratamento anti-rábico. Caso o animal apresente os sintomas da doença deve ser sacrificado e cremado.

O resgate da fauna deve ser iniciado com uma semana de antecedência do desmatamento, passando, em seguida, os dois processos a serem executados de forma concomitante. O manejo da fauna da área da bacia hidráulica da Barragem Capitão-Mor poderá ser realizado em cerca de 8 dias, utilizando-se uma equipe de 30 homens trabalhando 8 horas/dia para o preparo de 15 ha para captura. O custo total estimado para esta atividade é de R\$ 2.500,00, valor expresso em reais de novembro de 2002.

## 6.4 - PLANO DE RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DE JAZIDAS DE EMPRÉSTIMOS, BOTA-FORAS E CANTEIRO DE OBRAS

### 6.4.1 - Generalidades

As áreas de exploração de material de empréstimos, bem como as áreas destinadas ao canteiro de obras e aos bota-foras sofrerão alterações da paisagem natural, com comprometimento da cobertura vegetal, da fertilidade dos solos e da topografia original, além do desencadeamento de processos erosivos com conseqüente assoreamento dos cursos d'água, e da geração de poeiras e ruídos provocados por máquinas e veículos pesados e pelo uso de explosivos.

Desta forma, faz-se necessário à implementação de projetos de recomposição paisagística das áreas degradadas. Ressalta-se, no entanto, que o cuidado com as áreas potencialmente degradáveis deve ser observado desde as primeiras etapas da implementação do empreendimento, com a empreiteira incorporando no processo construtivo, medidas tais como: redução dos desmatamentos operacionais ao mínimo necessário, disposição adequada dos resíduos sólidos do canteiro de obras, dotação de infra-

estrutura de esgotamento sanitário no canteiro de obras (fossas sépticas) e campanhas de esclarecimentos junto aos trabalhadores sobre a prevenção de doenças de veiculação hídrica, entre outras.

#### **6.4.2 - Reabilitação das Áreas de Jazidas de Empréstimos**

Os recursos minerais a serem explorados para utilização nas obras da Barragem Capitão-Mor são enquadrados na Classe II do Código de Mineração, sendo compostos basicamente por materiais terrosos, granulares e pétreos. Para obtenção do material terroso foi indicado o desenvolvimento de estudos duas áreas posicionadas uma na ombreira esquerda (J-01), tendo sua área situada tanto a montante como a jusante do eixo, e a outra na ombreira direita à montante do eixo (J-02), estando ambas localizadas fora da área da bacia hidráulica do reservatório, devendo estas áreas serem alvo de reconstituição paisagística após o abandono da lavra.

Os areiais encontram-se posicionados no leito do riacho Capitão-Mor, podendo o primeiro ser explorado imediatamente a montante ou a jusante do eixo do barramento (Areal A-01), enquanto que o outro situa-se a 12,4 km do primeiro, próximo a vila Vagem do Saco (Areal A-02).

Para obtenção do material pétreo foram estudadas três pedreiras. A pedreira P-01 localiza-se a cerca de 300 m à montante do eixo, na ombreira direita, apresenta regular facilidade exploratória. A Pedreira P-02 localiza-se a jusante do eixo, distando cerca de 200 m da BR-226 e 1,0 km da área das obras e apresenta boas condições exploratórias. A Pedreira P-03, por sua vez, situa-se a jusante do eixo, distando 100m da BR-226 e 1,7 km do eixo do barramento, tendo sido classificada como de excelentes condições exploratórias.

As atividades desenvolvidas na fase de implantação da lavra, tais como, abertura de vias de acesso, seleção de áreas para deposição de expurgos e decapeamento (remoção da camada de solo vegetal), devem obedecer determinadas normas sob pena de degradar o meio ambiente.

Deste modo, recomenda-se o aproveitamento das estradas vicinais existentes, sendo construídas apenas as vias de serviços imprescindíveis; a redução dos desmatamentos ao mínimo necessário; a umidificação das vias e a estocagem do solo vegetal retirado. Além disso, o percurso traçado para as vias de serviços deve evitar, ao máximo, atravessar áreas de reservas ecológicas.

Na operação de decapeamento, a camada de solo fértil deve, logo após o desmatamento, ser empilhada por trator de esteira e carregada em caminhões para as áreas de bota-foras, onde não haja incidência de luz solar direta, visando assim evitar a germinação das sementes que se encontram em estado de “dormência”.

Durante a operação das lavras devem ser obedecidas algumas regras relativas ao uso de explosivos, transporte, sinalização, estocagem e tratamento das áreas mineradas. Durante a exploração da pedreira



e as escavações da fundação e do vertedouro, caso estes se situem próximos de habitações ou rodovias, devem ser atendidas as seguintes exigências:

- Detonações limitadas a horários pré-determinados, os quais devem ser notificados à população, e estabelecimento prévio de um perímetro de segurança;
- A emissão de vibrações no solo e no ar provocadas pelas detonações deve ficar dentro dos valores toleráveis, a serem estabelecidos pelos órgãos competentes;
- Reduzir ao máximo o ruído, a fumaça, e a poeira geradas pelas detonações, através do uso de tecnologias avançadas;
- Evitar o ultralancamento de fragmentos fora do perímetro de segurança na execução das detonações, no planejamento das frentes de lavra e na escolha dos locais para o fogacho, entre outras.

No carregamento e transporte dos materiais de empréstimos e rejeitos, deve-se fazer uma otimização dos caminhos, de modo a reduzir a poluição da região circunvizinha por detritos e poeiras, e adotar o uso de sinalização de trânsito adequada para diminuir os riscos de acidentes. Na exploração das jazidas deve-se considerar, também, as condições geológicas, topográficas e hidrológicas das áreas de lavra, diminuindo assim os riscos de inundações e de deslizamentos de encostas.

Visando reduzir ao mínimo o aporte de sedimentos às áreas circunvizinhas às jazidas, deverão ser implantados sistemas de drenagem antes do início da lavra. Desta forma, todos os sistemas de encostas e toda a área minerada deverão ser protegidos através do desvio das águas pluviais por meio de canaletas.

O avanço das frentes de lavra poderá provocar, em alguns setores das jazidas de materiais terrosos e granulares, instabilidades das encostas marginais com riscos de desmoronamentos e desencadeamentos de processos erosivos. Diante disso, é recomendável a reconstituição topográfica dos taludes mais íngremes e o estabelecimento de programas de reflorestamento com espécies vegetais adaptadas à região.

Quanto à estocagem de materiais de empréstimos, deve-se evitar ao máximo a adoção deste procedimento, coordenando a sua utilização nas obras, concomitantemente com a sua exploração.

Durante a exploração das jazidas são produzidas grandes quantidades de rejeitos sólidos, os quais deverão ser depositados próximo à área de lavra, em cotas inferiores à da mineração, reduzindo assim os custos com transportes. Nunca devem ser colocadas pilhas próximas ao limite do “pit”, pois haverá uma sobrecarga nos taludes finais da cava, podendo ocorrer desmoronamentos.

As pilhas de rejeitos constituídos por materiais não-coesivos devem ser formados por basculamento direto do terreno, sem compactação, e devem apresentar um ângulo de face de 37°, que é o próprio

ângulo de repouso do material. Para os materiais coesivos, a inclinação dos taludes e as alturas permitidas são determinadas por testes de estabilidade.

Para a estabilização dos rejeitos no caso específico da Barragem Capitão-Mor, deve ser adotado o método botânico, pois a região dispõe de material que serve de cobertura de solo. Para que haja um pronto restabelecimento da cobertura vegetal nas bermas de rejeitos, devem ser usadas técnicas que aumentem a fertilidade dos solos, associado ao uso de sementes selecionadas.

Após o abandono das áreas de lavra, deverão ser iniciados os trabalhos de reconstituição paisagística das jazidas de materiais terrosos e granulares localizadas fora da bacia hidráulica, através da regularização da superfície topográfica, espalhamento do solo vegetal e posterior reflorestamento com vegetação nativa.

O solo vegetal deve ser depositado em camadas finas, de modo a evitar a necessidade de futuras importações de solos de outras regiões, utilizando tratores de esteira, caminhões basculantes e pás carregadeiras. Em seguida devem ser efetuadas adubações e correções do solo, de acordo com os resultados de análises químicas.

O reflorestamento deve ser efetuado, logo após a recomposição do solo, sendo o plantio executado preferencialmente por hidro-semeadura (aspersão de pasta formada pela mistura de sementes, fibras de madeira, adesivo resinoso, fertilizantes e água) ou pelo plantio de mudas.

Quanto à pedreira, deve-se cercar a área a ser utilizada especialmente eventuais buracos surgidos durante a lavra, a fim de evitar acidentes envolvendo animais ou pessoas durante a sua exploração.

#### **6.4.3 - Disposição Adequada da Infra-estrutura e Recomposição da Área do Canteiro de Obras.**

As degradações impostas ao meio ambiente pela implantação e operação do canteiro de obras envolvem danos à flora, deterioração pontual dos solos, desencadeamento de processos erosivos e de assoreamento dos cursos d'água e redução na recarga dos aquíferos. Além disso, ocorre geração de poeira e ruídos provocados pelos desmatamentos e terraplenagens, e pela operação da usina de concreto. Deste modo, faz-se necessário à adoção das seguintes medidas:

- Reduzir os desmatamentos ao mínimo necessário;
- Na instalação da usina de concreto e da central de britagem, levar em conta a direção dos ventos dominantes, no caso do canteiro de obras se situar próximo a áreas habitadas;
- Adotar o uso de fossas sépticas como infra-estrutura de esgotamento sanitário, procurando localizá-las distante dos cursos d'água;
- Resíduos de concretos e outros materiais devem ser depositados em locais apropriados, sendo submetidos a tratamento adequado;

- Umidificar o trajeto de máquinas e veículos;
- Construir os paióis de armazenamento de explosivos em terrenos firmes, secos, livres de inundações, de mudanças freqüentes de temperatura e ventos fortes. Deve ser mantida uma faixa de terreno limpo com largura de 20 metros em torno dos paióis;
- Armazenagem de pólvora, dinamites e estopins em depósitos separados e desprovidos de instalações elétricas.

Após a conclusão das obras, caso as instalações do canteiro de obras não sejam aproveitadas para o monitoramento do reservatório, a área por este ocupada deve ser alvo de reconstituição paisagística, através do reflorestamento com espécies vegetais nativas. Já o tratamento a ser dado às áreas dos caminhos de serviços, consiste em espalhar o solo fértil estocado por ocasião de suas construções, regularizar o terreno e reflorestar com espécies nativas.

Os custos a serem incorridos na recuperação de 1 ha (um hectare) de área degradada foram estimados em R\$ 700,00 (valor expresso em reais de novembro de 2002). Após a definição das áreas de jazidas a serem exploradas deverá ser elaborado um plano de recomposição paisagística das áreas degradadas, o qual deverá ser submetido a aprovação da SEMACE. Esta atividade é de competência direta da Empreiteira, devendo a mesma ser fiscalizada pela SRH.

#### 6.5 - PLANO DE REMOÇÃO/RELOCAÇÃO DA INFRA-ESTRUTURA

A Barragem Capitão-Mor destina-se a usos múltiplos, tendo como principal finalidade o abastecimento d'água da cidade de Milhã e dos povoados de Monte Grave, Baixa Verde, Barra, Barra do Cipó, Segurança, Extrema e Cipó, razão pela qual a preservação da qualidade das águas represadas assume primordial importância, sendo para tanto necessária a eliminação de fatores potencialmente poluentes existentes na área a ser inundada.

As edificações quando submersas constituem graves obstáculos à pesca, às atividades balneárias e à navegação, além de prejudicarem o processo de autodepuração dos reservatórios. A submersão de fossas, esgotos domésticos, pocilgas e currais, sem limpeza ou tratamento prévio, também, representam focos potenciais de poluição. Assim sendo, faz-se necessário a adoção de normas para a limpeza da área englobada pela bacia hidráulica, evitando que o processo de preservação da qualidade dos recursos hídricos represados seja dispendioso.

Os componentes da infra-estrutura privada existentes a serem removidos e/ou receberem tratamento adequado deverão ser quantificados a partir dos dados levantados pelo cadastro. Com base nos dados do cadastro e da pesquisa de campo, há necessidade de adoção das seguintes medidas:

- Demolição de todas as edificações e cercas, e remoção do entulho para fora das áreas a serem inundadas. O material reutilizável deve ser separado e os materiais restantes, não combustíveis, devem ser enterrados a uma profundidade mínima de um metro;

- As fossas devem ser esgotadas, sendo os líquidos transportados para outros locais. Tendo em vista a quase inexistência de fossas na área a ser inundada, o tratamento destes efluentes pode ser feito com a simples adição de cal hidratada e posterior aterramento com material argiloso;
- Os detritos de hortas, pocilgas, currais, etc., devem ser removidos para cavas abertas, contendo cal hidratada e em seguida recobertos com material argiloso;
- O lixo doméstico, quando combustível, deverá ser recolhido e incinerado, sendo o material resultante da queima, posteriormente enterrado em solo argiloso, de modo que o local fique impermeabilizado.

A remoção da infra-estrutura deverá ser executada à medida que os trabalhos de desmatamento forem avançando, fazendo uso sempre que possível da mão-de-obra local. Compete à Empreiteira os trabalhos de remoção da infra-estrutura existente na bacia hidráulica, devendo a SRH fiscalizar o andamento do serviço.

A maior parte da infra-estrutura a ser removida da área da bacia hidráulica do reservatório pertence a particulares, e será alvo de indenizações, não precisando portanto ser relocada. A infra-estrutura de uso público existente, que necessita ser relocada, atinge pouca monta, sendo representada apenas por trechos de estradas vicinais que permitem o acesso às propriedades rurais e pelas obras de adaptação a serem implementadas na ponte da BR-226.

Na ocasião da remoção e posterior relocação da infra-estrutura de uso público da área da bacia hidráulica do reservatório, recomenda-se sejam firmados convênios com a Prefeitura Municipal de Milhã, no caso das estradas vicinais e com o DNIT a rodovia federal BR-226.

Os custos incorridos com a limpeza da área da bacia hidráulica do reservatório foi estimado em R\$ 1.980,00 (valor expresso em reais de novembro de 2002). Quanto ao cálculo dos custos a serem incorridos no processo de relocação das infra-estruturas de uso público, estes só poderão ser orçados após a definição da extensão dos trechos de estradas vicinais que realmente precisem ser relocados após o reassentamento da população desalojada da área do reservatório, bem como das obras de adaptação requeridas pela ponte da BR-226.

## 6.6 - PLANO DE PEIXAMENTO DO RESERVATÓRIO

O programa de peixamento proposto para a Barragem Capitão-Mor contempla apenas a exploração da piscicultura extensiva, uma vez que a grande quantidade de matéria orgânica gerada pela piscicultura superintensiva (tanques-redes), torna o seu cultivo pouco recomendável em açudes cujas águas se destinam ao abastecimento humano.

Na piscicultura extensiva o povoamento inicial do reservatório deverá adotar inicialmente a adaptação das espécies nativas da bacia do riacho Capitão-Mor às condições lênticas do lago formado. Posteriormente devem ser introduzidas espécies aclimatadas selecionadas, tendo em vista maior

exploração de valor econômico. A escolha das espécies a serem introduzidas no açude deverá ser fiel aos seguintes critérios: ecológicos - posição na cadeia trófica, potencial reprodutivo, produtividade da biomassa, etc.; e econômicos-culturais - facilidade de manejo, fonte protéica e energética, palatabilidade, boa aceitação comercial, etc.

Dentre as várias espécies propostas para o peixamento da Barragem Capitão-Mor citam-se: curimatã-comum (*Prochilodus cearaensis*), piau lavrado (*Leporinus fasciatus fasciatus*) e sardinha (*Tripottheus angulatus angulatus*) entre as espécies nativas, e carpa comum (*Cyprinus carpio*), Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), tilápia do Congo (*Tilapia rendalli*), tambaqui (*Colossoma macropomum*), piau verdadeiro (*Leporinus elongatus*), apaiari (*Astronotus ocellatus ocellatus*) e pescada do Piauí (*Plagioscion squamosissimus*), entre as aclimatizadas.

Deve-se dar ênfase, ainda, a espécies que consomem caramujos (apaiari, tambaqui, tilápias do Nilo e do Congo e piau verdadeiro), pois estas contribuem para controlar o caramujo hospedeiro intermediário do vetor da esquistossomose. Não deve ser adotado no peixamento do reservatório o uso das espécies de tucunares ocorrentes no Estado do Ceará a não ser com o objetivo de competir com a piranha e a pirambeba.

A primeira etapa do programa de peixamento da Barragem Capitão-Mor deve compreender a formação de estoque de matrizes e reprodutores. A duração prevista dessa etapa é de aproximadamente 2 anos. No povoamento inicial deverão ser utilizados alevinos de espécies que se reproduzam naturalmente e espécies reofílicas, que se reproduzem artificialmente. Além destes, convém acrescentar exemplares de camarão canela, os quais completarão o povoamento do açude.

A segunda etapa consiste no repovoamento com espécies que não se reproduzem no reservatório. Realizado a cada 2 anos, o repovoamento deverá constar da adição de alevinos de carpa comum, tambaqui, piau verdadeiro, entre outros. Algumas espécies poderão requerer repovoamento dependendo do grau de depleção das mesmas. Caso seja necessário, recomenda-se utilizar o mesmo número de alevinos do povoamento inicial.

De acordo com pesquisas realizadas em vários açudes públicos de porte similar a Barragem Capitão-Mor, um programa de alevinagem bem conduzido, pode levar à captura de aproximadamente 250kg/ha/ano de pescado, no oitavo ano após o enchimento do reservatório.

À SRH caberá implantar a administração dos recursos pesqueiros do açude, onde vigorarão as leis e normas referentes à regulamentação da pesca em águas interiores, com vistas à proteção da ictiofauna. A proibição da pesca na época das cheias, quando ocorre o fenômeno da piracema, e o controle do tamanho da malha da rede de espera, constituem umas das principais normas disciplinares a serem seguidas na área.

O empreendedor deve estimular a população ribeirinha, à prática pesqueira incentivando, inclusive, a criação de um clube de pesca ou cooperativa de pesca que poderá ter as seguintes atribuições:

comercialização; regulamentação e fiscalização da pesca no reservatório; promoção de cursos de treinamento e campanhas de conscientização sobre a importância deste tipo de uso do açude, entre outras.

O programa de peixamento do açude deverá ser iniciado logo que se complete o enchimento do lago, devendo em 4 (quatro) anos, no mínimo, estar em plena operação. A pesca comercial, no entanto, poderá ser iniciada 1 (um) ano após o enchimento do açude. Estima-se que com essa atividade, sejam criadas 58 novas oportunidades de emprego para pescadores e mais 116 empregos indiretos.

Os investimentos na atividade pesqueira do açude, bem como a receita gerada na ocasião da estabilização do programa de peixamento deverá ser devidamente quantificada em projeto específico, cuja elaboração deverá ser contratada pela SRH. Estimativas efetuadas pelo Consórcio ANB/HIDROSTUDIO prevêm uma receita gerada na atividade pesqueira, quando da estabilização do programa de peixamento, da ordem de R\$ 254.484,00 (preços de novembro de 2002). Com relação aos investimentos, estimou-se um custo de R\$ 1.600,00 para o peixamento inicial do reservatório.

#### 6.7 - ADOÇÃO DE MEDIDAS DE SEGURANÇA DO TRABALHO

Durante a execução das obras de engenharia os riscos de acidentes com os operários são relativamente elevados requerendo a adoção de regras rigorosas de segurança no trabalho.

A empreiteira através de palestras ilustrativas, deverá educar e orientar os operários a seguirem regras rigorosas de segurança do trabalho, esclarecendo-os sobre os riscos a que eles estão sujeitos e estimulando o interesse destes pelas questões de prevenção de acidentes. Tal medida visa evitar não só prejuízos econômicos, como também a perda de vidas humanas. Entre os cuidados a serem seguidos com relação à segurança pode-se citar os seguintes:

- Munir os operários com ferramentas e equipamentos apropriados para cada tipo de serviço
- Dotar os operários de proteção apropriada: capacetes, óculos, luvas, botas, capas, abafadores de ruídos , etc., e tornar obrigatório o seu uso;
- Instruir os trabalhadores a não deixarem ferramentas em lugares ou posições inconvenientes;
- Evitar o mau hábito de deixar tábuas abandonadas sem lhes tirar os pregos;
- Zelar pela correta maneira de transportar materiais e ferramentas;
- Evitar o uso de viaturas com freios em más condições, ou com pneus gastos além do limite de segurança, pois podem advir perdas de vidas por atropelamentos ou batidas;
- Alertar sobre o risco de desmoronamento das valas escavadas na área das jazidas podendo ocorrer soterramento, com perdas de vidas humanas;

- Estabelecimento de sinalização de trânsito nas vias de serviços e na estrada de acesso à área do empreendimento, de modo a evitar acidentes com veículos.

A empreiteira deve manter os operários sempre vacinados contra doenças infecciosas, tais como, tétano e febre tifóide. E alertá-los para após o serviço efetuarem a higiene pessoal com água e sabão em abundância, como forma de combater as dermatoses. Deve, também, efetuar um levantamento prévio das condições de infra-estrutura do setor saúde, de modo a agilizar o atendimento médico dos operários, no caso da ocorrência de acidentes. Deve, ainda, promover treinamentos sobre o uso e manuseio de explosivos.

Por se tratar de normas trabalhistas, a adoção de medidas de segurança no trabalho deve ser cumprida pela empreiteira sem ônus para o empreendimento.

## 6.8 - PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Entre os principais tensores de origem humana que ocorrem e/ou são passíveis de ocorrer na região onde será implantado o empreendimento estão: desmatamento da vegetação marginal dos cursos d'água para cultivos agrícolas e pastagens; desencadeamento de processos erosivos e de carreamento de sedimentos com conseqüente assoreamento; diminuição da capacidade de acumulação dos mananciais e aporte de poluentes, causando o surgimento de turbidez e trazendo prejuízo ao pleno desenvolvimento dos ecossistemas; acondicionamento impróprio do lixo doméstico com riscos de poluição dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais, além do uso de agrotóxicos e fertilizantes na atividade agrícola.

Com tais parâmetros em mente, é necessário que se formule um projeto de educação ambiental destinado aos proprietários e moradores da região, potenciais usuários dos reservatórios, pois somente com a formação de uma consciência ecológica popular se poderá alcançar uma convivência satisfatória entre o homem e o equilíbrio da natureza.

O projeto de educação ambiental ora proposto consiste na atuação junto à comunidade, visando, através da transmissão de determinadas práticas e informações, educá-la em suas relações com o meio ambiente. Nos seus objetivos, o projeto de educação ambiental deve enfocar os seguintes pontos:

- reuniões e outros eventos envolvendo professores das escolas da área de entorno do empreendimento e da sede do município de Deputado Irapuan Pinheiro, tendo como objetivo a incorporação do enfoque ambiental nas disciplinas curriculares;
- divulgar informações sobre práticas de uso e conservação dos recursos naturais, através de rádio e televisão visando ampliar o nível de conhecimento da população sobre o assunto;
- realizar palestras para associações e/ou grupos formais e informais, tendo em vista promover a participação da população na defesa e proteção do meio ambiente.



O papel da população deverá ser dinâmico, sendo imprescindível sua fiscalização junto às degradações do meio, bem como a real efetivação das diversas medidas mitigadoras a serem adotadas para o sucesso do empreendimento.

Sugere-se para tanto, que o empreendedor realize palestras com os usuários e distribua cartilhas educativas, transmitindo conhecimentos sobre as principais questões ambientais concernentes à área, procurando inculcar nestes noções relativas à importância ecológica do ecossistema e da reconstituição e preservação da mata ciliar do reservatório, de modo que a faixa de proteção a ser estabelecida passe a constituir um patrimônio paisagístico do município e do estado, permitindo que eles atuem eficientemente no processo de manutenção e até mesmo de recuperação do equilíbrio ambiental da área. Outro ponto que merece especial destaque no programa de educação ambiental a ser implementado, encontra-se associado à divulgação de normas técnicas para o uso e manejo adequado de agrotóxicos, inclusive quanto a deposição final de embalagens junto aos agricultores da região.

A elaboração das cartilhas, bem como a definição do conteúdo das palestras e até mesmo as suas execuções poderá ficar a cargo da SEMACE. Assim sendo, faz-se necessário o estabelecimento de um convênio entre a SRH e o referido órgão para este fim. Foi prevista uma verba de R\$ 3.000,00 para implementação do Programa de Educação Ambiental, a preços de outubro de 2002.

## 6.9 - PLANO DE REASSENTAMENTO DA POPULAÇÃO

### 6.9.1 - Generalidades

Tendo por objetivo a relocação das famílias a serem desalojadas da área objeto de desapropriação, recomenda-se a elaboração de um projeto de reassentamento rural pautado nas especificações técnicas do Banco Mundial e na estratégia de reassentamento rural desenvolvida pela SRH, órgão responsável pela efetivação do mesmo.

Estima-se que residam atualmente nos imóveis atingidos pela construção do açude cerca de 21 pessoas agrupadas em cinco famílias, compostas predominantemente por pequenos e médios proprietários rurais. Todavia espera-se um número menor de famílias a serem relocadas, visto que a pesquisa de campo realizada identificou que boa parte dos imóveis contam com áreas remanescentes. A ocorrência de um baixo contingente populacional a ser relocado está associada a muito baixa densidade demográfica verificada na área da bacia hidráulica do reservatório, tendo-se constatado a presença de diversos imóveis fechados, com os proprietários residindo em Milha ou Solonópole dado a proximidade destes núcleos urbanos da área do empreendimento. O abandono das propriedades rurais, em geral, é decorrente da escassez de recursos hídricos na região.

Quanto às expectativas da população ante a implantação do empreendimento, dado a escassez de recursos hídricos permanentes, observou-se uma boa aceitação do projeto tanto na região do empreendimento quanto na cidade de Milha, que será beneficiada com o reforço no seu suprimento hídrico.



O presente plano dispõe apenas sobre as diretrizes a serem adotadas em um projeto de reassentamento de populações. Tendo em vista o pequeno número de famílias a serem relocadas deverá ser adotado preferencialmente o sistema de permuta de imóveis para as famílias que residem em propriedades que contam com áreas remanescentes. Para as famílias que terão suas propriedades totalmente submersas deverão ser estudadas outras alternativas que vão desde a relocação em núcleos urbanos próximos ou a compensação monetária. Recomenda-se que seja contemplado no Projeto de Reassentamento a construção das novas moradias com padrão similar ou superior ao existente na região e munidas de instalações sanitárias.

Uma recomendação de grande importância, a ser definida no projeto de reassentamento da população desalojada, será a retomada da atividade econômica da população local. O desenvolvimento da irrigação difusa nas áreas ribeirinhas de jusante e da piscicultura no lago a ser formado constituem atenuantes desse problema.

### **6.9.2 - Diretrizes a Serem Adotadas no Projeto de Reassentamento**

Antes da execução da pesquisa sócio-econômica propriamente dita, deverá ser efetuado um levantamento e análise dos dados secundários existentes, visando o fornecimento de subsídios para a definição da estratégia de execução dos trabalhos de campo, bem como o delineamento preliminar da realidade a ser estudada.

A participação dos reassentados não voluntários e das populações hospedeiras nas fases do planejamento anteriores à mudança é de extrema importância para o sucesso do projeto de reassentamento. Assim sendo, para obter-se cooperação, participação e "feedback", os reassentados e os hospedeiros deverão ser sistematicamente informados e consultados sobre os seus direitos e sobre as opções possíveis, durante a preparação do projeto de reassentamento.

Contudo, outras medidas deverão ser estabelecidas, como programações das reuniões entre encarregados do projeto e comunidades dos reassentados e hospedeiros, onde os membros das equipes possam avaliar as preocupações das pessoas, durante as fases de planejamento e execução. Propõe-se a realização de 3 (três) reuniões comunitárias, estrategicamente distribuídas ao longo do processo de elaboração.

Dessa análise deverão surgir elementos para formulação de alternativas, não apenas de locais de reassentamento, como também de alternativas de soluções para a retomada da atividade econômica da população, consideradas as novas perspectivas que surgirão com a criação do reservatório.

A execução da pesquisa sócio-econômica tem por objetivo traçar o perfil da população rural impactada pela formação do reservatório através da aplicação de pesquisa censitária. Além do dimensionamento e caracterização da população alvo, a pesquisa deverá apropriar as expectativas da população face a construção do reservatório, e suas pretensões quanto ao local de residência futura, entre outras. A pesquisa sócio-econômica com registro dos nomes das famílias afetadas deverá ser realizada o mais

cedo possível, a fim de evitar o influxo de populações não merecedoras de indenizações. Deverão ser aplicados questionários para levantamento de ocupantes (proprietários e arrendatários/posseiros), conforme modelo fornecido pela SRH.

Como produto desta etapa inicial deverá ser formulada uma agregação da população, segundo grupos homogêneos do ponto de vista da natureza do impacto sofrido e cujos integrantes deverão receber tratamento análogo para efeito de reassentamento. Como exemplo de prováveis grupos a serem encontrados tem-se:

- Famílias que poderão permanecer nas áreas remanescentes das propriedades;
- Famílias com solução própria, englobando proprietários de outros imóveis fora da área em apreço, com dimensão suficiente para a sua subsistência e ascensão social;
- Famílias com solução própria, englobando proprietários que em função da indenização a receber, terão condições de adquirirem áreas de produção com dimensões suficiente para sua subsistência e ascensão social;
- Famílias sem solução própria, impactadas apenas no tocante às suas moradias, simples moradores sem atividade agropecuária na área a ser inundada;
- Famílias sem solução própria, com atividades agropecuárias na área, notadamente produtores sem terra e pequenos produtores.

A avaliação sócio-econômica tem por objetivo avaliar os efeitos da construção da barragem e respectivas infra-estruturas sobre as pessoas da região; detectar as possibilidades do desenvolvimento social proporcionado pela barragem; e, identificar as necessidades e preferências da população afetada. Com base nessa avaliação, o plano de reassentamento deverá fornecer a base para uma combinação de medidas a serem tomadas pela SRH, considerando cada família afetada individualmente, cumprindo assim os objetivos da Política de Reassentamento do Estado.

O estudo deverá avaliar os recursos usados pela comunidade, localizados dentro e fora da área afetada, bem como reunir informações sobre disponibilidade, capacidade e acessibilidade de infra-estrutura de transporte, inclusive trilhas e passagens molhadas; serviços de transporte; serviços utilitários, como eletricidade, abastecimento d'água; outros serviços, inclusive postos de saúde, escolas, mercados, agências de correio; infra-estrutura comunitária, como igrejas, campos de futebol, etc. e fontes de combustível, especialmente lenha.

A avaliação social identificará as características principais da vida social na comunidade, inclusive associações formais e informais, grupos religiosos e grupos afins. Todas características deverão ser levadas em conta no Projeto de Reassentamento.

### **6.9.3 - Estudo de Alternativas e Anteprojeto de Reassentamento**

Com base na caracterização sócio-demográfica da população impactada deverá ser procedida a definição das proposições de reassentamento para os diferentes casos existentes.

Dentre as opções que podem ser adotadas e que deverão ser discutidas com as famílias afetadas pode-se citar: o reassentamento nas áreas remanescentes; o reassentamento em centros urbanos próximos e a compensação monetária, entre outros. Serão avaliadas, também, as alternativas propostas pela população alvo, tanto em termos de custos, como de satisfação das necessidades da comunidade local.

Estabelecidas às alternativas de reassentamento, deverão ser selecionadas as mais interessantes do ponto de vista econômico e social, mediante a execução de análises expeditas de custos e benefícios. As soluções alternativas deverão oferecer uma probabilidade razoável para a população afetada manter ou melhorar o seu atual nível de vida.

Após a seleção das melhores alternativas de reassentamento, serão elaborados os seus anteprojetos, os quais deverão contemplar as obras de engenharia relativas às habitações, sendo estimados os custos a serem incorridos.

As alternativas deverão ser submetidas à apreciação social da população afetada, mesmo que tal participação seja resumida a uma representação.

### **6.9.4 - Arcabouço Legal**

Para a montagem de um projeto viável de reassentamento torna-se necessária uma perfeita compreensão dos aspectos legais envolvidos. Assim sendo, deverá ser feita uma análise que determine a natureza do arcabouço legal do reassentamento pretendido, baseada nos seguintes pontos:

- A extensão e importância dos apossamentos existentes, a natureza das indenizações decorrentes, tanto em termos de metodologia das avaliações quanto dos prazos de desembolsos;
- Os procedimentos legais e administrativos aplicáveis, incluindo os processos de recursos e os prazos legais desses processos;
- Titulação das terras e procedimentos de registro;
- Leis e regulamentos pertinentes aos organismos responsáveis pela execução do reassentamento e àqueles relacionados com a desapropriação de terras e indenizações, com os reagrupamentos de terras, com os usos de terras, com o meio ambiente, com o emprego das águas e com o bem estar social.

### **6.9.5 - Programas de Reativação da Economia**

O Plano de Reassentamento deverá identificar a necessidade da manutenção dos níveis de renda da população durante a interrupção das suas atividades econômicas normais. Devendo ser estimada a necessidade de pagamentos de emergência temporários ou serem propostas medidas de geração de renda que serão sujeitas à análise de pré-viabilidade, considerando a disponibilidade de capital, demanda local, suprimento de insumos, mercados, transportes, etc..

Não se pode excluir, dentro de um projeto de reassentamento, o estabelecimento de estratégias que assegurem a subsistência e ascensão social das famílias de agricultores que serão deslocados de suas atividades atuais. Isto se torna mais importante face a carência de alternativas viáveis em áreas que se caracterizam pelas limitações da agricultura de sequeiro e da falta de novas oportunidades de emprego.

Dentro deste contexto, procurar-se-á, definir modelos de produção (irrigação difusa, pesca, etc.) capazes de melhorar as condições de vida da população a ser reassentada, de modo a fortalecer a comunidade e facilitar o seu processo de emancipação.

### **6.9.6 - Programa de Implementação do Projeto de Reassentamento**

Por fim, será elaborado o programa de implementação do Projeto de Reassentamento, o qual contemplará inicialmente a quantificação e estimativa dos custos relativos às diversas etapas do projeto, bem como a confecção de um plano de financiamento, elaborado juntamente com a SRH, apresentando as fontes de recursos para todos os custos, e um cronograma de implantação das atividades a serem desenvolvidas.

Deverá, também, ser elaborada, juntamente com a SRH, uma matriz institucional indicando os órgãos públicos e/ou instituições privadas responsáveis pela implementação das atividades previstas, além de uma lista de acordos legais (convênios, contratos, etc.) que serão necessários à implementação do programa e das minutas dos referidos acordos.

Os custos a serem incorridos com o reassentamento da população desalojada das áreas das obras civis e da bacia hidráulica da Barragem Capitão-Mor foram orçados em R\$ 75.000,00, a preços de novembro de 2002, tendo sido considerado um custo médio por família de R\$ 15.000,00, tendo como base custos de reassentamentos já executados pela SRH em outros açudes, no âmbito do Projeto de Desenvolvimento Urbano e Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (PROURB-CE) e do próprio PROGERIRH. Para efetuar o cálculo do custo do reassentamento da população residente na área do reservatório, procedeu-se a contabilização do número de famílias residentes na área inundada.

## 6.10 - PLANO DE IDENTIFICAÇÃO E RESGATE DO PATRIMÔNIO ARQUEOLÓGICO E PALEONTOLÓGICO

Na região onde será implantada a Barragem Capitão-Mor não foram registradas ocorrências arqueológicas e paleontológicas pelos órgãos competentes até o presente momento. Todavia qualquer área escolhida para a implantação de obras hidráulicas pode ser considerada como de alto potencial arqueológico e paleontológico, uma vez que áreas periféricas a cursos d'água até 500 m de cada margem, além dos limites das planícies de inundação, apresentam alta incidência de artefatos pré-históricos por serem áreas preferenciais para assentamentos humanos, face à oferta de água, alimentos e matéria-prima para a fabricação de instrumentos líticos. Os fósseis, por sua vez, são mais comuns nas planícies de inundação, terraços fluviais e calhas dos rios, onde freqüentemente, são encontradas ossadas fossilizadas de grandes animais extintos, há cerca de 10 mil anos (mega-fauna quaternária).

A região do Médio Jaguaribe, onde se situa o empreendimento ora em estudo, possui grande significância histórica e cultural para o Ceará, estando aí localizados alguns dos primeiros núcleos de ocupação do Vale do Jaguaribe, havendo registros de sítios arqueológicos no município de Jaguaribe (cerâmica). Quanto ao patrimônio paleontológico, foi constatada a presença de evidências paleontológicas nos municípios de Orós e Alto Santo. Assim sendo, deverão ser efetuados estudos científicos na área de implantação das obras, na área da bacia hidráulica do reservatório e nas áreas de empréstimos visando identificar inicialmente a evidência ou não de tais ocorrências, através da presença de material de superfície.

Deverá ser procedida a coleta total do material de superfície detectado, sendo este separado conforme seu tipo (cerâmico, lítico, ósseo, etc.) e acondicionado em embalagens apropriadas, devidamente etiquetadas. Tendo-se concluído os trabalhos de campo, serão desenvolvidas diferentes atividades de laboratório, envolvendo o processamento e análise dos materiais e informações coletadas.

Com base nos estudos preliminares efetuados deverão ser executadas prospecções nas áreas dos sítios identificados através da realização de escavações para aqueles que apresentam elevado potencial informativo acerca de características funcionais e de uso do espaço. Os demais sítios deverão receber diferentes níveis de complementação dos trabalhos anteriormente efetuados (abertura de poços-teste e/ou trincheiras para verificar estratigrafia e densidade, delimitação da área de assentamento, etc.).

Deverão ser engajados nesta atividade profissionais das áreas de arqueologia e paleontologia devidamente habilitados, os quais deverão contar com a autorização do IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional e do DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral, respectivamente.

Ressalta-se que, mesmo com a efetuação de prospecções na área de influência direta das obras, sempre é possível a descoberta ao acaso de uma nova ocorrência, principalmente nas atividades que envolvem movimentação de terra, como escavações e terraplenagem. Nesse caso, o procedimento

necessário consiste na paralisação parcial das atividades naquele local, até a chegada dos profissionais especializados para o resgate do material, dentro dos critérios científicos.

Após encerramento dos trabalhos de campo, pode-se, então, solicitar o documento de liberação de área junto ao IPHAN. A definição do cronograma de salvamento deverá considerar o próprio cronograma de execução das obras, organizando antecipadamente as atividades de modo a evitar, de um lado, atrasos no cronograma do empreendedor e, de outro, a destruição das evidências arqueológicas.

O material resgatado nos levantamentos de campo deverá ser encaminhado para instituições científicas apropriadas, visando seu armazenamento e disponibilização para pesquisa. Nessas instituições deverá, se possível, ser implantado um Ecomuseu para guarda, proteção e exposição da coleção resgatada.

A responsabilidade pelo desenvolvimento das atividades concernentes ao salvamento do patrimônio histórico, arqueológico e paleontológico deverá ser da SRH, ficando a regulamentação e fiscalização a cargo do IPHAN, no caso dos achados históricos e arqueológicos, e do DNPM, no caso dos achados paleontológicos. Os custos a serem incorridos com esta medida foram orçados em R\$ 2.500,00, a preços de novembro de 2002.

## **7 - MONITORAMENTOS AMBIENTAIS E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

## 7 - MONITORAMENTOS AMBIENTAIS E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

### 7.1 - GENERALIDADES

O gerenciamento dos recursos hídricos surge como um meio de assegurar a utilização múltipla e integrada deste recurso, garantindo às populações e às atividades econômicas, água em qualidade e quantidade suficiente para atender suas necessidades.

É sabido que os usos do solo e as atividades realizadas numa bacia hidrográfica definem a quantidade e a qualidade necessárias da água. Assim, torna-se imprescindível disciplinar-se os usos do solo e da água, de modo a se obter o melhor aproveitamento dos recursos hídricos.

A seguir são apresentadas as diretrizes gerais para a execução do gerenciamento dos recursos hídricos represados, as quais devem ser desenvolvidas ao nível de projetos específicos.

### 7.2 - GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS REPRESADOS/ESTABELECIMENTO DE OUTORGAS E TARIFICAÇÃO D'ÁGUA

Os planos e programas ligados aos recursos hídricos devem relacionar-se com os planos de desenvolvimento econômico dos âmbitos federal, estadual e municipal, de modo que o próprio investimento estabeleça formas de articulação entre as entidades de gestão dos açudes, e aquelas do planejamento e coordenação geral de programas públicos. Desta forma, a gestão do reservatório deve ser conduzida de acordo com uma perspectiva global, considerando a bacia hidrográfica como um todo.

O núcleo central do modelo de gestão dos recursos hídricos será constituído por um conjunto de entidades que deverá desenvolver ações de gestão unificada, considerando a quantidade e qualidade dos recursos hídricos, a integração dos usos múltiplos, o controle do regime das águas, o controle da poluição e dos processos erosivos.

O modelo de gestão a ser empregado deverá prever as formas de relacionamento entre as entidades de gestão e os usuários, compreendendo os direitos e as obrigações decorrentes do uso e derivação da água.

O Estado do Ceará vem atualmente desenvolvendo um planejamento global de utilização dos recursos hídricos, com vistas a um equilíbrio dinâmico do balanço demanda versus disponibilidade, procurando impedir que a água venha a ser um fator limitante ao desenvolvimento econômico e social do Estado.

Para propiciar as condições de desenvolvimento sustentável área do açude, de forma que o uso dos recursos naturais não supere sua condição de se renovar, garantindo a melhoria de vida para todos e evitando possíveis limitações ao desenvolvimento econômico e social das gerações futuras, é fundamental gerenciar com eficiência estes recursos.



Tendo como referencial o princípio de que a água deve ser gerenciada de forma descentralizada, integrada e participativa, sendo a bacia hidrográfica a unidade de planejamento e atuação, deve-se estimular a participação de usuários, instituições governamentais e não governamentais e da sociedade civil neste processo. Para que o gerenciamento se dê nesses moldes, faz-se necessário a utilização de vários instrumentos, tais como:

- Planejamento: visa realizar estudos na busca de adequar, o uso, controle e preservação dos recursos hídricos às necessidades sociais e/ou governamentais identificadas na bacia hidrográfica;
- Operação: objetiva definir a liberação de águas de forma a atender a demanda (os usos), levando em consideração a oferta disponível e as características do reservatório;
- Monitoramento: tem a função de realizar o acompanhamento dos aspectos qualitativos e quantitativos da água, servindo de informação para auxiliar a tomada de decisão da operação;
- Manutenção: é importante na realização de estudos da situação física das estruturas hidráulicas, verificando a necessidade da recuperação e definindo planos de conservação para as referidas estruturas;
- Apoio a organização dos usuários: conscientizar/educar os usuários para que, de forma organizada, possam gerenciar, com o apoio técnico, este bem tão precioso da natureza.

A utilização destes instrumentos tem por finalidade a implementação de um sistema gerencial que integre as ações dos diversos órgãos federais, estaduais ou municipais que atuam no setor, e que seja capaz de fornecer informações para a tomada de decisão com o objetivo final de promover, de forma coordenada, o uso, controle e preservação da água.

Para facilitar a implementação da lei de recursos hídricos (Lei nº 11.996/92) e, possibilitar um maior controle sobre a quantidade e distribuição de água necessária para atender todas as necessidades dos usuários, foram definidos alguns instrumentos legais:

- A outorga: que se constitui numa autorização, com validade anual, concedida pela Secretaria dos Recursos Hídricos que assegura ao usuário o direito de usar a água num determinado local, retirando-a de uma determinada fonte superficial ou subterrânea, com uma vazão definida e para uma finalidade também definida;
- A licença para obras hídricas: que se constitui numa autorização concedida pela Secretaria dos Recursos Hídricos à execução de qualquer obra ou serviço de oferta de água que altere o regime, a quantidade ou a qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos;

- A cobrança pelo uso da água bruta: prevista como forma de diminuir o desperdício, aumentar a eficiência no uso da água e como fonte arrecadadora de fundos para cobrir as despesas com gestão, operação e manutenção das obras hídricas.

O estabelecimento do sistema de outorga e tarifação d'água ficará a cargo da Companhia de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (COGERH) que, juntamente com a SRH e a Associação dos Usuários e/ou Conselho Gestor da Barragem Capitão-Mor, a ser criado posteriormente, tratará do gerenciamento deste manancial.

### 7.3 - PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA REPRESADA

O controle sistemático da qualidade da água da Barragem Capitão-Mor é de fundamental importância para a garantia dos empreendimentos localizados a jusante e o controle de atividades poluidoras na bacia hidrográfica, haja vista a destinação da água a ser reservada. Desta forma, o disciplinamento do uso deverá ser feito tanto no futuro reservatório, quanto nos eixos da bacia contribuinte. O monitoramento da qualidade da água represada deve ser conduzido visando detectar pontos ou níveis de poluição.

Tendo em vista que essa água servirá para o abastecimento da cidade de Milhã e dos povoados de Monte Grave, Baixa Verde, Barra, Barra do Cipó, Segurança, Extrema e Cipó, além da população ribeirinha de jusante, sua qualidade deverá se adequar, da melhor maneira possível, aos futuros usos (abastecimento humano, industrial, irrigação difusa e dessedentação animal).

Para um estudo básico de avaliação de qualidade das águas, em vistas de seus usos preponderantes, de acordo com a classificação da Resolução CONAMA n° 020/86, sugere-se o seguinte plano de coleta:

- Seleção de estações de monitoramento no reservatório junto à entrada dos poluentes;
- Levantamento e caracterização das principais atividades poluidoras da bacia que podem influir na qualidade da água do reservatório;
- Estabelecimento de pontos de amostragem nos principais tributários do reservatório;
- Determinação dos pontos de amostragem ao longo do corpo do reservatório.

Durante a formação do reservatório deverão ser coletadas amostras de água para análise, desde o início até o enchimento completo do açude. Após o enchimento, deverão ser coletadas amostras de água, ao final da estação seca, e início, meio e final da estação chuvosa. Portanto, além da fase de amostragem inicial (enchimento do reservatório), deverão ser feitas, no mínimo, quatro amostragens anuais.

Para exames de rotina, a coleta pode ser efetuada em um ou dois pontos do reservatório, de preferência junto ao local de captação da água para abastecimento humano e próximo a possíveis atividades poluidoras situadas nas imediações da bacia hidráulica.

As dosagens a serem feitas, os parâmetros de classificação das águas e a própria classificação constam na Resolução CONAMA n° 020/86. Até que a SEMACE defina a classe em que será adequada a água do reservatório, esta deverá ser considerada como pertencente à Classe 2, a qual se destina ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional.

À SRH cumpre desempenhar as atividades de monitoramento da qualidade da água represada. Os custos anuais advindos com esta atividade foram estimados em R\$ 2.105,00 (valor expresso em reais de novembro de 2.002), considerando a coleta de 8 amostras anuais, sendo duas a cada trimestre.

#### 7.4 - PLANO DE MONITORAMENTO DO NÍVEL PIEZOMÉTRICO E DO RESERVATÓRIO

##### 7.4.1 - Monitoramento do Nível Piezométrico

Os recursos hídricos subterrâneos e superficiais são alterados no seu equilíbrio original ante as modificações imposta pela construção de reservatórios. O ajuste dos elementos naturais, decorrentes das alterações do meio abiótico como um todo, acarreta conseqüências que, dependendo do contexto geológico-hidroológico, podem ser danosas ou benéficas.

As áreas mais afetadas são aquelas marginais ao reservatório, onde a profundidade da superfície piezométrica original era inferior à cota final do lago. A superfície piezométrica quando sofre elevação tenderá a aflorar ou ficar muito próxima da superfície nos pontos topograficamente mais rebaixados. Esses efeitos serão menos pronunciados à medida que se caminha para a montante e perpendicularmente ao reservatório. Apesar desse fato ser benéfico por aumentar a espessura saturada do aquífero livre e conseqüentemente a vazão dos poços, implica também na deteriorização do meio, acarretando problemas tais como: manutenção de áreas permanentemente alagadas, afogamento de raízes, aumento da taxa de evapotranspiração, redução da taxa de infiltração, aumento da salinização das águas subterrâneas, saturação de sub-leito de estradas e diminuição da capacidade de carga dos solos.

A previsão ou análise de comportamento das águas subterrâneas diante da implantação de uma barragem, é uma técnica simples que se utiliza basicamente do conhecimento das características originais dos aquíferos, confrontando-se posteriormente com as novas condições de fronteiras impostas.

No caso específico da Barragem Capitão-Mor, são esperadas alterações de nível do lençol freático, principalmente nas regiões próximas ao reservatório, já que ao longo do trecho do riacho Capitão-Mor a influência do volume da vazão regularizada será bastante reduzida não chegando a implicar em riscos de elevação do lençol freático. O caminho a ser descrito pelas águas deverá ser conhecido, sendo para isso necessário que se determine a forma da superfície piezométrica ou nível freático, através do monitoramento de uma rede de poços, aproveitando-se os já existentes, localizados numa faixa de 2,0 km em torno do reservatório e às margens do riacho Capitão-Mor. Convém iniciar o monitoramento antes da formação do reservatório para que possa ser estabelecido o efeito do enchimento e a partir daí adotar soluções para os problemas que possam surgir.

#### 7.4.2 - Monitoramento do Nível do Reservatório

A exploração do reservatório, cuja vazão se destinará ao abastecimento d'água da cidade de Deputado Irapuan Pinheiro (abastecimento humano e industrial) e a perenização do riacho Capitão-Mor, causará impacto sobre o volume armazenado, principalmente quando se considerar as variações climáticas ocorridas na região, resultando em oscilações no nível do reservatório. Em virtude dessas alterações, faz-se imprescindível o monitoramento do seu nível, com vistas à obtenção de elementos básicos que sirvam para propor soluções e tomadas de decisão.

Para o monitoramento do nível d'água do reservatório deverão ser efetuadas leituras periódicas da régua limnimétrica instalada no reservatório, com vistas a controlar o seu nível de exploração. As leituras deverão ser efetuadas a cada trimestre. A efetivação dessa medida constitui ponto importante para que a exploração do manancial se processe de forma segura, garantindo, assim, os objetivos pretendidos pelo projeto.

O monitoramento do nível piezométrico e do reservatório ficará a cargo da SRH. O custo incorrido com tal atividade encontra-se incluso na administração da faixa de proteção do reservatório, devendo esta atividade integrar as tarefas a serem desenvolvidas pela fiscalização.

#### 7.5 - PLANO DE MONITORAMENTO DA SEDIMENTAÇÃO NO RESERVATÓRIO

Uma vez implantado o barramento, a bacia será seccionada e o reservatório colherá a sedimentação oriunda de toda a área contribuinte. Portanto, a análise quantitativa e qualitativa dos sedimentos que serão depositados no reservatório permitirá o conhecimento das atividades exercidas na bacia hidrográfica, as quais possam vir a comprometer a qualidade do meio ambiente.

Após o desmatamento da área a ser inundada, deverão ser escolhidos pontos de amostragem da sedimentação, que serão materializados com marcos de concreto rentes ao solo, com áreas não inferiores a  $1,0 \text{ m}^2$ , os quais deverão ser demarcados por bóias.

As amostras devem ser feitas duas vezes por ano, constando dos seguintes tipos de análise dos sedimentos: granulometria; conteúdo de matéria orgânica; metais pesados e componentes de pesticidas, sempre que sinais de alerta ocorrerem a partir das análises da água.

O acondicionamento das amostras coletadas deve ser feitos em frasco de boca larga de polietileno para a análise de metais, nutrientes e carga orgânica (DBO/DQO/COT), ou de vidros para compostos orgânicos, óleos e graxas. É recomendável congelar as amostras a  $20^\circ\text{C}$  para preservar a sua integridade, deixando uma alíquota sem refrigeração, para determinação da composição granulométrica.

Os custos anuais incorridos na execução do monitoramento da sedimentação foram estimados em R\$ 1.568,00 (valor expresso em reais de outubro de 2002), considerando a coleta de 4 amostras anuais, sendo duas a cada semestre. Esta atividade ficará a cargo da SRH/COGERH.

## 7.6 - PLANO DE DELIMITAÇÃO E ADMINISTRAÇÃO DA FAIXA DE PROTEÇÃO DO RESERVATÓRIO

### 7.6.1 - Delimitação da Faixa de Proteção

A utilização de faixa de proteção vegetal em áreas marginais de recursos hídricos, neste caso a Barragem Capitão-Mor, tem uma enorme importância para a proteção destes empreendimentos, uma vez que serve de barreira ao aporte de sedimentos e poluentes, reduzindo sensivelmente os riscos de poluição da água represada, e de assoreamento e consequente perda da capacidade de acumulação do reservatório.

Quanto a delimitação da área da faixa de proteção, de acordo com a legislação ambiental vigente estas devem ter uma largura mínima de 100,0 m medidos horizontalmente a partir da cota de máxima inundação do reservatório.

### 7.6.2 - Administração da Faixa de Proteção do Reservatório

O estabelecimento de uma faixa de proteção periférica ao lago visa a preservação do meio natural, com reflexos positivos sobre a vida silvestre, impedindo atividades prejudiciais ao reservatório, e servindo de anteparo natural ao carreamento de sedimentos causado pela erosão laminar das encostas.

A proteção da reserva ecológica periférica ao reservatório exigirá a constituição de uma polícia florestal, que terá a seu cargo uma considerável tarefa educativa, devendo ser engajada nesta atividade a própria população local. Recomenda-se que a SEMACE estabeleça regras a serem seguidas pela população.

É importante que a área da faixa de proteção seja cercada, deixando-se apenas os corredores necessários para os acessos aos locais em que se desenvolvam as atividades de pesca, balneário, entre outras. No domínio da faixa de proteção não será tolerado o exercício de atividades agrícolas e/ou pecuárias de quaisquer espécies. No caso específico de pontos de bebida para o gado, recomenda-se a construção de valas que conduzam a água para fora da reserva, mesmo que seja preciso bombeamento. Outra atividade que pode vir a ser danosa ao ecossistema do reservatório é a pesca. A salga de peixe nas margens do lago deve ser expressamente proibida, haja vista o risco de salinização da água represada.

Os custos anuais incorridos com esta atividade foram orçados em R\$ 2.400,00 considerando a contratação de 1 (um) fiscal, recrutado junto à população residente na área periférica ao reservatório (valor expresso em reais de outubro de 2002). A responsabilidade da implementação do presente plano é da SRH/COGERH, devendo tal órgão receber o apoio da SEMACE e do IBAMA.

## 7.7 - ZONEAMENTO DE USOS NO RESERVATÓRIO

Os usos da água armazenada na Barragem Capitão-Mor devem ser controlados, visto que muitos deles podem vir a ser conflitantes, resultando na poluição de suas águas, cuja destinação principal é o abastecimento de populações e a irrigação.

Uma prática importante é o zoneamento de usos no reservatório, devendo-se procurar afastar dos pontos de captação d'água para abastecimento doméstico aqueles usos que são incompatíveis com este fim. Nesse contexto, não deve ser permitido num raio de no mínimo 500 m em torno de áreas destinadas a captação d'água para abastecimento humano usos tais como banhos, lavagens de roupas, etc., devendo tais áreas serem demarcadas com cabos suspensos por bóias.

Deverá ser proibido o uso de lanchas e de outros equipamentos náuticos motorizados, com vistas a evitar a poluição do reservatório por óleos e resíduos de graxas. Além disso, as hélices dos motores contribuem para desestruturar a constituição física dos componentes planctônicos (fito e zooplâncton), ocasionando desequilíbrio na cadeia alimentar do ecossistema aquático.

Não se deve permitir o lançamento de papéis, garrafas, latas, vidros e outros resíduos na água, nem mesmo às margens do lago pois, além de poluir o mesmo, prejudicará o valor paisagístico e estético do manancial. As responsabilidades e custos da presente medida encontram-se inclusos no plano de administração da faixa de proteção do reservatório, descrito no item anterior.

#### 7.8 - MANUTENÇÃO DA INFRA-ESTRUTURA IMPLANTADA

As obras de engenharia constituem infra-estruturas projetadas para durar muito tempo. Entretanto, com demasiada frequência, vê-se obras com pouco tempo de implantação já apresentando sinais visíveis de deterioração. O mau funcionamento de estruturas e outras situações indesejáveis, podem vir a impossibilitar o desenvolvimento das atividades rotineiras do empreendimento. Como resultado, surgem danos materiais e prejuízos financeiros, além dos inconvenientes da interrupção do suprimento da vazão regularizada.

No caso da Barragem Capitão-Mor, as principais atividades de manutenção previstas são as seguintes: limpeza de entulhos, tubulações, galerias, registros, válvulas, integridade do corpo do barramento e vegetação das ombreiras.

Outras atividades de manutenção em reservatórios compreendem o controle da proliferação de plantas aquáticas, remoção de grandes entulhos (por exemplo, troncos de árvores) que flutuam na água; controle da qualidade da água visando detectar possíveis focos de poluição; e levantamento da deposição de sólidos no fundo do reservatório. Estas atividades requerem pouco tempo, pois são periódicas, no entanto, são extremamente importantes, a fim de detectar imediatamente a necessidade de uma ação corretiva, mantendo assim a integridade do empreendimento e seu pleno funcionamento.

A atividade de manutenção da Barragem Capitão-Mor ficará a cargo da SRH/COGERH, que deverá formular um programa de manutenção, baseado no inventário de todas as obras que precisem de serviços, devendo ser contempladas as seguintes medidas: fixar o volume de atividades de manutenção a serem executadas anualmente; estabelecer o melhor ciclo de manutenção para cada tipo de obra; determinar as necessidades de equipamentos, material de consumo, mão-de-obra e contratação de

firmas especializadas para determinados tipos de serviços; orçar e estabelecer as prioridades de manutenção.

As estradas da rede rodoviária que permitem o acesso até o eixo do barramento, devem ter seus leitos regularmente restaurados, principalmente após o período chuvoso, de modo a evitar inconvenientes na operação de manutenção, administração da faixa de proteção do reservatório e monitoramentos concernentes ao empreendimento.

Recomenda-se ainda, no escopo dessa medida, a efetuação de vistorias no sentido de detectar falhas ao longo do eixo do barramento e no tratamento dado à fundação do vertedouro (injeções de concreto), buscando a identificação de possíveis vazamentos que venha a comprometer sua estrutura. Os custos a serem incorridos com esta medida já foram previstos no orçamento do projeto de engenharia.

#### 7.9 - CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO E DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

Os custos a serem incorridos com a implementação do programa de monitoramento e medidas de proteção ambiental referente ao Projeto da Barragem Capitão-Mor, cujas diretrizes são apresentadas nos Capítulos 6 e 7 do presente relatório, foram orçados em R\$92.653,00, a preços de novembro de 2002. Ressalta-se que neste montante não estão inclusos os custos das medidas de adoção de normas de segurança no trabalho, desmatamento zoneado da área da bacia hidráulica do reservatório, gerenciamento dos recursos hídricos represados/ estabelecimento de outorgas e manutenção da infraestrutura implantada.

A adoção de normas de segurança no trabalho é uma exigência da legislação trabalhista devendo ser cumprida pela empreiteira sem ônus para o empreendedor. No caso específico do desmatamento zoneado da área da bacia hidráulica do reservatório e da manutenção da infra-estrutura implantada os custos incorridos nestas atividades são partes integrantes do orçamento do projeto de engenharia.

O programa de gerenciamento dos recursos hídricos represados/estabelecimento de outorgas e tarifação d'água já são exercidos pela SRH não devendo incorrer em ônus para o empreendimento.

Os custos referentes aos monitoramentos dos níveis piezométrico e do reservatório, bem como as atividades pertinentes ao zoneamento de usos no reservatório, encontram-se inclusos no orçamento do plano de administração da faixa de proteção. Já os custos referentes a relocação da infra-estrutura de uso público atingida (trechos de estradas vicinais e obras de adaptação da ponte da BR-226) e para a recomposição paisagística das áreas de empréstimos os custos a serem incorridos, estes só poderão ser estimados quando forem definidas as jazidas que serão efetivamente exploradas e as infra-estruturas cujas relocações se façam realmente necessárias, bem como que medidas serão adotadas no caso da ponte sobre a BR-226. O Quadro 7.1 apresenta os valores do programa de monitoramento e das medidas de proteção ambiental preconizadas, exceto as mencionadas anteriormente.

**QUADRO 7.1****CUSTO DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL PRECONIZADAS**

<b>DISCRIMINAÇÃO</b>	<b>VALOR (R\$) <sup>1</sup></b>
Administração da Faixa de Proteção do Reservatório	2.400,00
Plano de Proteção da Fauna	2.500,00
Programa de Educação Ambiental	3.000,00
Monitoramento da Qualidade da Água Represada	2.105,00
Monitoramento da Sedimentação no Reservatório	1.568,00
Reassentamento da População Desalojada	75.000,00
Identificação e Resgate do Patrimônio Arqueológico e Paleontológico	2.500,00
Limpeza da Área da Bacia Hidráulica	1.980,00
Peixamento do Reservatório	1.600,00
<b>TOTAL</b>	<b>92.653,00</b>

(1) Valores expressos em reais de novembro de 2002.



## 8 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

## 8 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O objetivo deste trabalho foi analisar a viabilidade ambiental do projeto da Barragem Capitão-Mor. Os resultados encontrados revestem-se de importância à medida que permitem visualizar que a implantação do empreendimento apesar de estar associada à geração de uma série de alterações negativas para a qualidade do meio ambiente, pode ter essa situação minorada ou até sanada com a implementação de medidas de proteção ambiental por parte do órgão empreendedor. Conclui-se, portanto, que com a adoção de tais medidas, o projeto se torna bastante recomendável, com um pronunciado caráter benéfico para o meio sócio-econômico e um nível de adversidades perfeitamente tolerável no que se refere ao meio natural.

O balanço dos efeitos econômicos do empreendimento revela que o custo de oportunidade da área a ser inundada é baixo, pois apenas cerca de 10,0% da área total das propriedades é explorada com agricultura, devido às limitações impostas pela escassez de recursos hídricos e pelas condições edáficas desfavoráveis. Em contrapartida, o uso dos recursos hídricos provenientes do reservatório permitirá o reforço ao abastecimento d'água da cidade de Milha (abastecimento humano e industrial) e dos povoados de Monte Grave, Baixa Verde, Barra, Barra do Cipó, Segurança, Extrema e Cipó, bem como da população ribeirinha de jusante. A perenização do riacho Capitão-Mor contribuirá ainda para o desenvolvimento da irrigação difusa e para a desendentação animal. Haverá, ainda, o desenvolvimento da pesca no lago a ser formado.

Quanto ao contingente populacional a ser relocado, este apresenta-se pouco significativo, sendo composto por cinco famílias, com boa parte destas podendo ser reassentada nas áreas remanescentes das propriedades. Para as famílias cujas propriedades serão totalmente submersas, deverão ser estudadas outras alternativas de reassentamento, que vão desde a relocação em núcleos urbanos próximos ou a compensação monetária, sempre de acordo com as solicitações da população alvo. O projeto de reassentamento deverá contemplar um programa de reativação da economia da área, uma vez que a população terá sua atividade produtiva afetada. Deverá ser evidenciado, também, no seu escopo o caráter sanitário na construção das novas residências dos reassentados.

Outro ponto que merece destaque é o fato do reservatório não contar com áreas irrigadas posicionadas na retaguarda do reservatório, sendo atualmente os riscos de poluição das águas represadas pelo aporte de agrotóxicos considerados praticamente nulos. Quanto aos riscos de poluição das águas represadas por efluentes sanitários e industriais, foi constatada a presença da cidade de Milha na bacia de contribuição do futuro reservatório, posicionada a 6,5 km da sua bacia hidráulica. Ressalta-se, no entanto, que este núcleo urbano conta com seu projeto de esgotamento sanitário já elaborado, estando os recursos para implantação das obras em fase de liberação.

Merece ressalva, também, o fato do reservatório não contar com solos salinos na sua bacia de contribuição, o que aliado ao seu baixo tempo de detenção, torna bastante reduzido os riscos de salinização das águas aí represadas, não sendo necessário que esta questão seja considerada na fase de operação do reservatório.

Quanto aos patrimônios arqueológico e paleontológico, tendo em vista que a região do Médio Jaguaribe é considerada pelos órgãos competentes como relativamente rica no que se refere a estes tipos de patrimônio, faz-se necessário antes da implantação das obras o desenvolvimento de estudos detalhados nestas áreas.

## 9 - BIBLIOGRAFIA

## 9 - BIBLIOGRAFIA

- 01 - BRAGA, R., **Plantas do Nordeste, Especialmente do Ceará**. Fortaleza, ESAM, 1953. 523 p.
- 02 - BOTTURA, J.A. & SANTOS J.P., **Impactos Hidrogeológicos de Reservatórios**. São Paulo, 348 p.
- 03 - BRANCO, S.M., **Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária**. São Carlos, CETESB, 1978. 620 p.
- 04 - BRANCO, S.M., & ROCHA A.A., **Poluição, Proteção e Usos Múltiplos de Represas**. São Carlos, Ed. E. Blucher, 1977. 185 p.
- 05 - CESP/DRN, **Reservatórios - Modelo Piloto de Projeto Integral**. São Paulo, CESP, 1978. 119 p.
- 06 - CETESB, **Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água**. São Paulo, CETESB, 1987. 149 p.
- 07 - COGERH, **Monitoramento Indicativo do Nível de Salinidade dos Principais Açudes do Estado do Ceará**. Fortaleza, COGERH/SEMACE, 2001.
- 08 - \_\_\_\_\_, **Plano de Gerenciamento das Águas do Rio Jaguaribe** Fortaleza, Engesoft, 1999. (Fase 1 - Diagnóstico).
- 09 - DUCKE, A., **Estudos Botânicos do Ceará**. Mossoró, ESAM, 1979. 130 p.
- 10 - FERNANDES, A., **Temas Fitogeográficos**. Fortaleza, 1990. 205 p.
- 11 - FUNCEME, **Projeto Áridas**. Fortaleza, FUNCEME, 1994. (Grupo de Trabalho 1 - Recursos Naturais e Meio Ambiente).
- 12 - HENRIQUES, A.G., **Aspectos Metodológicos da Avaliação de Impactos Ambientais de Empreendimentos Hidráulicos**. Revista da Associação Portuguesa de Recursos Hídricos. V.6, nº 1. 22 p.
- 13 - IBGE, **Censo Demográfico, 1991. nº 11 - Ceará**. Rio de Janeiro, IBGE, 1991. 523 p.
- 14 - \_\_\_\_\_, **Censo Demográfico, 2000 - Ceará**. Rio de Janeiro, IBGE, 2001.
- 15 - INMET, **Normais Climatológicas (1961-1990)**. Brasília, SPI/EMBRAPA, 1992. .84 p.
- 16 - IPLANCE, **Anuário Estatístico do Ceará, 1997**. Fortaleza, IPLANCE, 1997. 2v.
- 17 - JACOMINE, P.K.T. et alli, **Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará**. Vol. I. Recife, SUDENE, 1973. 301 p.
- 18 - JUREIDINI, P., **Autodepuração e Eutrofização: Conceitos, Causas e Conseqüências**. São Paulo. Instituto de Biociências da USP. 1987.
- 19 - MME, **Projeto RADAMBRASIL, Levantamento de Recursos Naturais**. Folha SB. 24/25 - Jaguaribe/Natal. Vol. 23. Rio de Janeiro, MME, 1981. 483 p.
- 20 - MOTA, S., **Preservação de Recursos Hídricos**, Rio de Janeiro, ABES, 1988. 222 p.

- 21 - NASCIMENTO, N.G., **Avaliação de Impactos Ambientais de Grandes Barragens: um estudo de caso**. Fortaleza, 1991. 203 p. (Tese de Mestrado).
- 22 - PAIVA, M.P., **Algumas Considerações sobre a Fauna da Região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro**. Coleção Mossoroense 404 Ser. B. Mossoró, ESAM, 1983. 31 p.
- 23 - \_\_\_\_\_, **Distribuição e Abundância de Alguns Mamíferos Selvagens no Estado do Ceará**. Ciência e Cultura, Vol. 25, nº 5, p. 442-450, 1973.
- 24 - REY, L., **Prevenção dos Riscos para a Saúde Decorrentes dos Empreendimentos Hidráulicos**. Revista Médica de Moçambique, Vol. I, nº 2. Moçambique, 1982. 7 p.
- 25 - ROCHA, A.A., **Aspectos Biológicos a Serem Observados na Construção de Lagos Artificiais e Cuidados com a Preservação**. Belo Horizonte, 1986. 30 p.
- 26 - SEARA, **Zoneamento Agrícola do Estado do Ceará**. Fortaleza, SEARA, 1988. 67p.
- 27 - SEMA, **Legislação Federal sobre Meio Ambiente - Referências**. Brasília, SEMA, 1986. 29 p.
- 28 - \_\_\_\_\_, **Resoluções do CONAMA - 1984/86**. Brasília, SEMA, 1986. 96 p.
- 29 - SEMACE, **Meio Ambiente. Legislação Básica**. Fortaleza, SEMACE, 1990. 476 p.
- 30 - SICK, H., **Ornitologia Brasileira - Uma Introdução**. Brasília, Ed. da Universidade de Brasília, 1985.
- 31 - SILVA, F.B.R. et alli, **Zoneamento Agroecológico do Nordeste: Diagnóstico do Quadro Natural e Agro-sócioeconômico**. Petrolina, EMBRAPA/CPATSA, 1993. 2 v.
- 32 - SRH, **Estudos de Viabilidade Técnica, Ambiental, Econômica e Financeira da Barragem Capitão-Mor**. Fortaleza, ANB/HIDROSTUDIO, 2002.
- 33- \_\_\_\_\_, **Estudo de Atendimento das Demandas Hídricas da Região Metropolitana de Fortaleza - Ceará**. Fortaleza, Consórcio COBA/VBA/HARZA, 2000. (Etapa A - Diagnóstico).
- 34 - \_\_\_\_\_, **Plano Estadual dos Recursos Hídricos**. Fortaleza, SRH-CE, 1992., 4 v.
- 35 - \_\_\_\_\_, **PROGERIRH - Projeto Piloto. Relatório de Avaliação Ambiental Regional - RAA**. Fortaleza, TC/BR,2000. 262 p.
- 36 - TUNDISI, J.G., **Limnologia de Represas Artificiais**. Boletim de Hidráulica e Saneamento nº 11. São Carlos, 1986. 41 p.

#### IV - DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



FOTO 01: Riacho Cipó, imediatamente a montante de ponte de concreto da rodovia BR-226. Notar os afloramentos de gnaiss alterado duro, em xistosidade sub-horizantal (5° a 10° de mergulho) e aterro de encontro na margem esquerda (10/04/02).



FOTO 02: Ponte da BR-226, sobre o riacho Cipó. Notar as vigas de apoio do tabuleiro e o encontro na margem esquerda. Essa ponte pode limitar a cota do nível da água do reservatório. Caso não seja alteada (10/04/02).





FOTO 03: Vista da ombreira esquerda (10/04/02).



FOTO 04: Leito do riacho Capitão-Mor (10/04/02).



FOTO 05: Barranco de aluvião areno-argiloso, cinza, na margem esquerda do riacho Capitão-Mor (10/04/02).



FOTO 06: Idem foto anterior. Notar a altura do barranco, da ordem 2,5 metros (10/04/02).



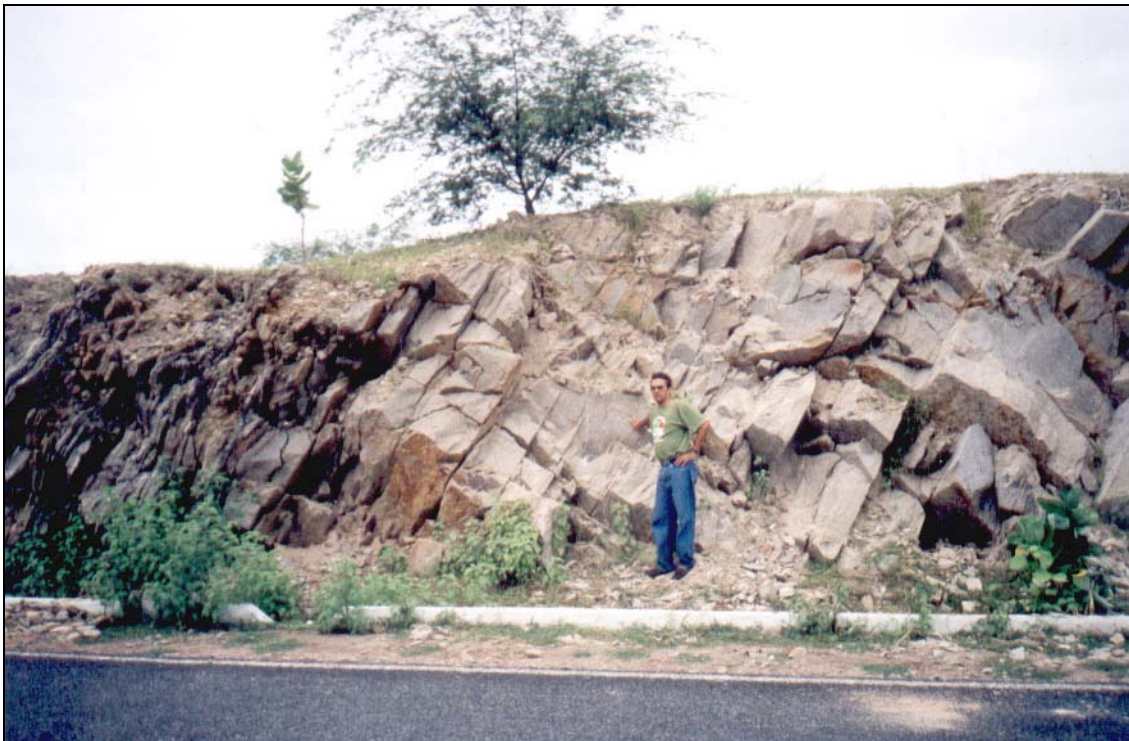


FOTO 07: Corte em rocha na rodovia BR-226, a um quilômetro de Milhã, no sentido de Senador Pompeu. Contato entre gnaíse (à esquerda) e granito anatóxico (10/04/02).



FOTO 08: Barragem Capitão-Mor - Idem foto anterior. Notar o Bandejamento/xistosidade do gnaíse, que apresenta cisalhamento (10/04/02).



FOTO 09: Açude Monte Sombrio (principal manancial da sede de Milhã - desativado)



FOTO 10: ETA de Milhã (Açude Monte Sombrio)





FOTO 11: E.B. Flutuante (Aç. Jatobá) / ponto de injeção da adutora do rio Banabuiu



FOTO 12: Cisterna da Barra do Cipó (detalhe do jumento utilizado para transporte d'água)



FOTO 13: Vista parcial da Barra do Cipó



FOTO 14: Reservatório Elevado de Milhã





FOTO 15: Vista parcial de Cipó



FOTO 16: Cacimão (poço amazonas) de Cipó



FOTO 17: Vista parcial da Baixa Verde



FOTO 18: Barreiro (responsável pelo abastecimento de Baixa Verde / Faz. Nova)





FOTO 19: Vista parcial de Fazenda Nova



FOTO 20: Vista parcial de Monte Grave



FOTO 21: Flagrante do transporte d'água



FOTO 22: Vista do local do eixo do barramento, a partir do poço de sondagem SPP-01, no sentido da ombreira direita.





FOTO 23: Vista geral da área da Jazida de material terroso J-01.



FOTO 24: Escavação de furos de sondagens na área da jazida J-02, efetuados por ocasião da execução dos estudos geotécnicos.





FOTO 25: Vista do leito do riacho Capitão-Mor, na área onde ocorrem bancos de areia selecionados para fornecer material granular para construção da barragem (Areal A-02).



FOTO 26: Vista de afloramento rochoso na elevação do terreno, indicado para exploração de material pétreo (Pedreira P-01).





FOTO 27: Vista do afloramento rochoso da área da Pedreira P-02.



FOTO 28: Vista da área da terceira alternativa de fonte de material pétreo (Pedreira P-03).