

**BARRAGEM JATOBÁ**

**RELATÓRIO DOS ESTUDOS AMBIENTAIS**

**VOLUME I**

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA**

EDITADO EM MARÇO/2006

**ÍNDICE**

## ÍNDICE

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 – PROJETO DA BARRAGEM JATOBÁ E AÇÕES CORRELATAS.....</b>	<b>15</b>
2.1 – IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR .....	16
2.2 – LOCALIZAÇÃO E ACESSOS .....	16
2.3 – OBJETIVOS DO EMPREENDIMENTO .....	16
2.4 – ESTUDOS DE ALTERNATIVAS LOCACIONAIS .....	18
2.5 – ESTUDOS BÁSICOS .....	23
<b>2.5.1 – Estudos Cartográficos .....</b>	<b>23</b>
<b>2.5.2 – Estudos Hidrológicos.....</b>	<b>24</b>
<b>2.5.3 – Estudos Geológicos/Geotécnicos.....</b>	<b>31</b>
2.5.3.1 – Geologia .....	31
2.5.3.2 – Geotecnia .....	33
2.5.3.3 – Materiais de Empréstimos .....	34
2.6 – CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DO PROJETO .....	38
<b>2.6.1 – Arranjo Geral das Obras .....</b>	<b>39</b>
<b>2.6.2 – Barragem.....</b>	<b>39</b>
<b>2.6.3 – Sangradouro .....</b>	<b>40</b>
<b>2.6.4 – Tomada d’Água.....</b>	<b>40</b>
<b>2.6.5 – Análise de Estabilidade.....</b>	<b>41</b>
<b>2.6.6 – Estudos de Percolação pelo Maciço e Fundação .....</b>	<b>43</b>
<b>2.6.7 – Ficha Técnica.....</b>	<b>43</b>
<b>2.6.8 – Custos do Projeto.....</b>	<b>45</b>

2.7 – PROJETO DA ADUTORA DE IPUEIRAS.....	45
2.8 – PLANOS E PROGRAMAS CO-LOCALIZADOS.....	49
<b>3 – DIAGNÓSTICO AMBIENTAL .....</b>	<b>50</b>
3.1 – ÁREA DE ABRANGÊNCIA.....	50
<b>3.1.1 – Área de Influência Direta.....</b>	<b>50</b>
<b>3.1.2 – Área de Influência Indireta.....</b>	<b>51</b>
3.2 – CARACTERIZAÇÃO DO MEIO ABIÓTICO .....	51
<b>3.2.1 – Geologia .....</b>	<b>51</b>
<b>3.2.2 – Identificação dos Recursos Minerais.....</b>	<b>52</b>
<b>3.2.3 – Sismicidade Induzida .....</b>	<b>52</b>
<b>3.2.4 – Geomorfologia .....</b>	<b>53</b>
<b>3.2.5 – Solos.....</b>	<b>53</b>
<b>3.2.6 – Uso e Ocupação dos Solos .....</b>	<b>56</b>
<b>3.2.7 – Clima.....</b>	<b>57</b>
<b>3.2.8 – Recursos Hídricos Superficiais.....</b>	<b>59</b>
3.2.8.1 – Hidrografia .....	59
3.2.8.2 – Fontes de Poluição Hídrica Existentes .....	60
3.2.8.3 – Qualidade das Águas Superficiais .....	61
<b>3.2.9 – Recursos Hídricos Subterrâneos .....</b>	<b>62</b>
3.3 – CARACTERIZAÇÃO DO MEIO BIÓTICO .....	62
<b>3.3.1 – Flora.....</b>	<b>62</b>
<b>3.3.2 – Fauna .....</b>	<b>63</b>
<b>3.3.3 – Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permanente .....</b>	<b>66</b>
3.4 – CARACTERIZAÇÃO DO MEIO ANTRÓPICO .....	67

<b>3.4.1 – Generalidades</b> .....	<b>67</b>
<b>3.4.2 – Área de Influência Indireta</b> .....	<b>71</b>
3.4.2.1 – Aspectos Demográficos .....	71
3.4.2.2 – Infra-estrutura Física e Social .....	72
3.4.2.3 – Atividades Econômicas.....	75
3.4.2.4 – Estrutura Fundiária .....	77
3.4.2.5 – Patrimônio Arqueológico e Paleontológico .....	77
<b>3.4.3 – Área de Influência Direta</b> .....	<b>77</b>
3.4.3.1 – Aspectos Gerais das Propriedades Pesquisadas .....	77
3.4.3.2 – Aspectos Demográficos .....	78
3.4.3.3 – Aspectos Sociais .....	80
3.4.3.4 – Aspectos Econômicos .....	84
3.4.3.5 – Expectativas da População Atingida.....	90
3.4.3.6 – Levantamento Cadastral das Propriedades Desapropriadas .....	91
<b>4 – IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS</b> .....	<b>96</b>
4.1 – MÉTODO DE AVALIAÇÃO ADOTADO .....	97
4.2 – AVALIAÇÃO PONDERAL DOS IMPACTOS AMBIENTAIS IDENTIFICADOS ....	98
4.3 – DESCRIÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS IDENTIFICADOS.....	104
<b>4.3.1 – Impactos sobre o Meio Abiótico</b> .....	<b>104</b>
<b>4.3.2 – Impactos sobre o Meio Biótico</b> .....	<b>106</b>
<b>4.3.3 – Impactos sobre o Meio Antrópico</b> .....	<b>108</b>
<b>5 – PLANO DE MEDIDAS MITIGADORAS</b> .....	<b>153</b>
5.1 – GENERALIDADES .....	153
5.2 – ADOÇÃO DE NORMAS DE SEGURANÇA NO TRABALHO .....	153

<b>5.2.1 – Objetivos .....</b>	<b>153</b>
<b>5.2.2 – Estratégia de Ação .....</b>	<b>155</b>
5.2.2.1 – Regras Gerais .....	155
5.2.2.2 – Fase de Implantação das Obras.....	156
5.2.2.3 – Custos e Cronograma de Implantação .....	158
<b>5.3 – PLANO DE IDENTIFICAÇÃO E RESGATE DE SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS E PALEONTOLÓGICOS.....</b>	<b>158</b>
<b>5.3.1 – Generalidades .....</b>	<b>158</b>
<b>5.3.2 – Identificação de Vestígios Históricos, Arqueológicos e Paleontológicos</b>	<b>159</b>
<b>5.3.3 – Salvamento do Patrimônio Histórico, Arqueológico e Paleontológico ....</b>	<b>160</b>
<b>5.3.4 – Guarda do Material Coletado .....</b>	<b>161</b>
<b>5.4 – PLANO DE RECONSTITUIÇÃO PAISAGÍSTICA DAS ÁREAS DO CANTEIRO DE OBRAS E DAS JAZIDAS DE EMPRÉSTIMO.....</b>	<b>162</b>
<b>5.4.1 – Generalidades .....</b>	<b>162</b>
<b>5.4.2 – Reabilitação das Áreas de Jazidas de Empréstimos.....</b>	<b>162</b>
5.4.2.1 – Localização e Caracterização Geológica/Geotécnica das Jazidas de Empréstimo .....	162
5.4.2.2 – Controle Ambiental na Atividade Mineral.....	163
<b>5.4.3 – Disposição Adequada da Infra-estrutura e Recomposição da Área do Canteiro de Obras .....</b>	<b>166</b>
<b>5.4.4 – Cronograma de Implantação das Medidas Concernentes à Recuperação das Áreas de Jazidas e do Canteiro de Obras .....</b>	<b>167</b>
<b>5.5 – PLANO DE REMOÇÃO / RELOCAÇÃO DA INFRA-ESTRUTURA DA ÁREA DA BACIA HIDRÁULICA.....</b>	<b>168</b>
<b>5.5.1 – Generalidades .....</b>	<b>168</b>
<b>5.5.2 – Remoção da Infra-estrutura Existente .....</b>	<b>169</b>

<b>5.5.3 – Relocação da Infra-estrutura de Uso Público .....</b>	<b>170</b>
5.6 – DELIMITAÇÃO, REFLORESTAMENTO E MONITORAMENTO DA FAIXA DE PROTEÇÃO DO RESERVATÓRIO.....	170
<b>5.6.1 – Delimitação e Fiscalização da Faixa de Proteção do Reservatório.....</b>	<b>170</b>
<b>5.6.2 – Reflorestamento da Área de Preservação Permanente .....</b>	<b>172</b>
5.6.2.1 – Objetivos.....	172
5.6.2.2 – Área a ser Reflorestada.....	172
5.6.2.3 – Técnicas de Reflorestamento .....	172
5.6.2.4 – Seleção das Espécies Florísticas .....	173
5.6.2.5 – Produção e Aquisição de Mudanças .....	177
5.6.2.6 – Preparo do Solo.....	179
5.6.2.7 – Plantio e Replante das Mudanças .....	179
5.6.2.8 – Tratos Culturais .....	180
5.6.2.9 – Custos e Cronograma de Implantação .....	181
5.7 – ZONEAMENTO DE USOS NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO .....	183
5.8 – PROJETO DE REASSENTAMENTO DA POPULAÇÃO DESALOJADA .....	183
<b>5.8.1 – Generalidades .....</b>	<b>184</b>
<b>5.8.2 – Diretrizes Adotadas no Projeto de Reassentamento.....</b>	<b>184</b>
5.8.2.1 – Compilação e Análise dos Dados Existentes .....	184
5.8.2.2 – Participação da Comunidade e Integração com as Populações Hospedeiras .....	185
5.8.2.3 – Execução da Pesquisa Sócio-Econômica .....	186
5.8.2.4 – Avaliação Sócio-Econômica .....	187
5.8.2.5 – Alternativas de Reassentamento .....	187
5.8.2.6 – Identificação e Seleção de Áreas para Reassentamento .....	189

5.8.2.7 – Projeto da Agrovila .....	190
5.8.2.8 – Arcabouço Legal.....	193
5.8.2.9 – Programa de Geração de Renda.....	193
5.8.2.10 – Planejamento Operacional da Relocação e Assentamento .....	194
5.8.2.11 – Programa de Implementação do Projeto de Reassentamento .....	195
5.8.2.12 – Custos de Implantação do Reassentamento .....	196
5.9 – PLANO DE PEIXAMENTO DO RESERVATÓRIO .....	196
5.10 – PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SANITÁRIA .....	201
<b>5.10.1 – Generalidades .....</b>	<b>201</b>
<b>5.10.2 – Referencial Teórico do Programa de Educação Ambiental e Sanitária ..</b>	<b>201</b>
<b>5.10.3 – Objetivos .....</b>	<b>202</b>
5.10.3.1 – Objetivo Geral.....	203
5.10.3.2 – Objetivos Específicos .....	203
<b>5.10.4 – Área de Abrangência do Estudo .....</b>	<b>204</b>
<b>5.10.5 – Definição do Público-Alvo .....</b>	<b>204</b>
<b>5.10.6 – Diretrizes Programáticas .....</b>	<b>205</b>
<b>5.10.7 – Princípios Norteadores .....</b>	<b>205</b>
<b>5.10.8 – Diagnóstico das Condições Socioeconômicas e Ambientais da Bacia Hidrográfica Contribuinte .....</b>	<b>206</b>
<b>5.10.9 – Estabelecimento de Parcerias .....</b>	<b>206</b>
<b>5.10.10 – O Papel da Escola no âmbito do Programa .....</b>	<b>207</b>
<b>5.10.11 – Elaboração de Material Didático.....</b>	<b>207</b>
<b>5.10.12 – Mobilização Social e Sistema de Informação, Comunicação e Mídia ...</b>	<b>208</b>
<b>5.10.13 – Execução de Seminários, Palestras e Reuniões com Grupos Formais e Informais .....</b>	<b>209</b>

<b>5.10.14 – Capacitação de Professores e Multiplicadores.....</b>	<b>210</b>
<b>5.10.15 – Avaliação do Programa de Educação Ambiental e Sanitária .....</b>	<b>211</b>
<b>5.10.16 – Custos e Cronograma de Execução .....</b>	<b>212</b>
<b>5.11 – MANUTENÇÃO DA INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA IMPLANTADA.....</b>	<b>212</b>
<b>6 – PLANO DE DESMATAMENTO DA BACIA HIDRÁULICA DO RESERVATÓRIO E DE MANEJO DA FAUNA.....</b>	<b>219</b>
<b>6.1 – PLANO DE DESMATAMENTO DA ÁREA DA BACIA HIDRÁULICA .....</b>	<b>219</b>
<b>6.1.1 – Generalidades .....</b>	<b>219</b>
<b>6.1.2 – Diagnóstico Florístico e Faunístico .....</b>	<b>220</b>
<b>6.1.3 – Implantação de Herbário.....</b>	<b>221</b>
<b>6.1.4 – Demarcação das áreas a serem Desmatadas .....</b>	<b>222</b>
<b>6.1.5 – Técnicas de Desmatamento .....</b>	<b>222</b>
<b>6.1.6 – Corredores de Escape da Fauna.....</b>	<b>224</b>
<b>6.1.7 – Inventário Florestal /Recursos Florestais Aproveitáveis .....</b>	<b>224</b>
<b>6.1.8 – Custos e Cronograma Físico do Desmatamento.....</b>	<b>226</b>
<b>6.2 – PLANO DE MANEJO DA FAUNA.....</b>	<b>227</b>
<b>6.2.1 – Generalidades .....</b>	<b>227</b>
<b>6.2.2 – Manejo da Fauna.....</b>	<b>227</b>
<b>6.2.3 – Proteção dos Trabalhadores e da População Circunvizinha.....</b>	<b>234</b>
<b>6.2.4 – Custos e Cronograma de Implantação .....</b>	<b>235</b>
<b>7 – GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS E PLANOS DE MONITORAMENTO .....</b>	<b>239</b>
<b>7.1 – GENERALIDADES .....</b>	<b>239</b>
<b>7.2 – GERENCIAMENTO E CONTROLE DOS RECURSOS HÍDRICOS REPRESADOS .....</b>	<b>239</b>

7.3 – PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA REPRESADA.....	242
7.3.1 – Generalidades .....	242
7.3.2 – Cuidados Necessários para a Coleta de Amostras .....	243
7.3.3 – Tomada de Amostras .....	244
7.3.4 – Preservação, Armazenamento e Transporte de Amostras .....	245
7.4 – PLANO DE MONITORAMENTO DOS NÍVEIS DO LENÇOL FREÁTICO E DO NÍVEL D'ÁGUA NO RESERVATÓRIO .....	246
7.4.1 – Monitoramento do Nível do Lençol Freático .....	246
7.4.2 – Monitoramento dos Níveis d'Água no Reservatório.....	247
7.5 – PLANO DE MONITORAMENTO DAS TAXAS DE SEDIMENTAÇÃO NO RESERVATÓRIO .....	248
<b>8 – CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ...</b>	<b>251</b>
<b>9 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>254</b>
<b>10 – LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PERTINENTE .....</b>	<b>258</b>
<b>11 – BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....</b>	<b>267</b>
<b>12 – EQUIPE TÉCNICA .....</b>	<b>272</b>
<b>13 – DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA .....</b>	<b>274</b>
<b>ANEXOS</b>	
<b>ANEXO 1 – ATAS DAS REUNIÕES DO PROJETO DE REASSENTAMENTO</b>	
<b>ANEXO 2 – TABELA DE PREÇOS DA SRH</b>	
<b>ANEXO 3 – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)</b>	
<b>ANEXO 4 – DESENHOS</b>	

**APRESENTAÇÃO**

## **APRESENTAÇÃO**

O consórcio KL - Serviços de Engenharia S/S Ltda, MABE – Infra-Estrutura e Serviços Ltda e ENERCONSULT S/A vem aqui apresentar o Estudo de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) da Barragem Jatobá, a ser construída em terras do município de Ipueiras, no Estado do Ceará, bem como de sua obra correlata, esta última representada pelo Sistema Adutor de Ipueiras.

O referido estudo foi desenvolvido no âmbito do Contrato nº 11 / PROGERIRH / CE / SRH / 2003 do Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (PROGERIRH) firmado com a Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH).

O Relatório dos Estudos Ambientais elaborado é composto por dois volumes, compreendendo:

**Volume I – Estudo de Impacto Ambiental (EIA);**

Volume II – Relatório de Impacto no Meio Ambiente (RIMA).



## 1 – INTRODUÇÃO

O consórcio constituído pelas empresas KL – Serviços de Engenharia S/S Ltda, MABE – Infra-Estrutura e Serviços Ltda e ENERCONSULT S/A atendendo às atribuições do Contrato N° 11 / PROGERIRH / SRH / 2003 e do Processo SEMACE n° 04004557–9, de 12 de março de 2004, elaborou o Estudo de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) da Barragem Jatobá e obra correlata.

No desenvolvimento dos estudos básicos requeridos foram seguidos os preceitos da Resolução CONAMA n° 001, de 23 de janeiro de 1986, bem como as diretrizes preconizadas no Termo de Referência emitido pela SRH/SEMACE para este empreendimento.

Inicialmente foi efetuada uma análise do projeto de engenharia proposto, considerando as ações programadas. Em seguida foram executados levantamentos de dados secundários relativos sobre os meios abiótico, biótico e antrópico das áreas de influência do empreendimento, os quais foram complementados com levantamentos de campo ao nível de reconhecimento. Especificamente para o meio antrópico da área de influência direta, foram aplicados questionários socioeconômicos através de uma pesquisa socioeconômica. Tais levantamentos foram efetuados objetivando a obtenção de subsídios para a elaboração do diagnóstico ambiental das áreas de influência da futura Barragem Jatobá antes da sua implementação. Foi efetuada, ainda, uma análise da compatibilidade do projeto com a legislação ambiental vigente e com planos e projetos co-localizados.

Posteriormente, com base nas informações obtidas no diagnóstico ambiental e na análise do projeto de engenharia proposto foram identificados os principais impactos ambientais decorrentes da implantação e operação do empreendimento, os quais foram submetidos a avaliação através do Método de Avaliação Ponderal de Impactos Ambientais desenvolvido por Bianchi *et alli* (1989). Por fim, foram estabelecidas as medidas mitigadoras dos impactos adversos identificados, além dos programas de monitoramento e de educação ambiental necessários.

O presente relatório é parte integrante do Estudo de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) dos projetos da Barragem Jatobá e da Adutora de Ipueiras, tendo sua composição abordando os seguintes itens:

- Projeto da Barragem Jatobá e Ações Correlatas;
- Diagnóstico Ambiental das Áreas de Influência do Empreendimento;
- Identificação e Avaliação dos Impactos Ambientais;

- Planos de Medidas Mitigadoras;
- Plano de Desmatamento Racional da Bacia Hidráulica;
- Monitoramentos Ambientais;
- Legislação Ambiental Pertinente;
- Conclusões obtidas pelos estudos desenvolvidos;
- Bibliografia Consultada;
- Equipe Técnica engajada na elaboração do estudo.

**2 – PROJETO DA BARRAGEM JATOBÁ E AÇÕES CORRELATAS**

**2 – PROJETO DA BARRAGEM JATOBÁ E AÇÕES CORRELATAS**

## 2.1 – IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

O órgão empreendedor do Projeto Executivo da Barragem Jatobá é a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH), órgão prestador de serviços na área de recursos hídricos, 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) 3101.4005 e FAX (85) 3101.4055.

## 2.2 – LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

A Barragem Jatobá será formada pelo barramento do riacho homônimo, apresentando sua bacia hidráulica integralmente inclusa no território do município de Ipueiras, no Estado do Ceará. A barragem fechará o boqueirão existente na Fazenda Cupira, distando cerca de 5,0 km da sede do município de Ipueiras. A **Figura 2.1** apresenta a localização do empreendimento a nível regional.

Desde Fortaleza, o acesso ao sítio do barramento é feito através da BR-222 até a cidade de Tianguá (318,8 km). A partir daí toma-se a CE-187, rodovia estadual pavimentada que permite o acesso a cidade de Ipueiras, percorrendo-se nesta cerca de 111,0 km. Ressalta-se que, os últimos 24,0 km correspondem ao trecho onde o traçado da CE-187 coincide com o da BR-403 (Ipu/Ipueiras). A partir da cidade de Ipueiras toma-se à estrada carroçável que permite o acesso ao distrito de Ararendá, na qual se percorre 5,0 km até o local do barramento na fazenda Cupira.

Outra opção de percurso seria pegando-se a BR-020 até a cidade de Canindé (120,2 km), onde se toma a rodovia estadual CE-257 percorrendo-se nesta cerca de 174,0 km até a confluência com a CE-187. Toma-se então a CE-187 a esquerda percorrendo-se 17,0 km até a cidade de Ipueiras. A partir deste ponto o percurso coincide com o anteriormente descrito. O acesso aéreo é permitido através do aeródromo existente em Ipueiras.

## 2.3 – OBJETIVOS DO EMPREENDIMENTO

A Barragem Jatobá servirá para múltiplos usos, com destaque para o suprimento hídrico da sede do município de Ipueiras, beneficiando um contingente populacional de 25.801 habitantes no horizonte do projeto; a perenização do vale do riacho Jatobá a jusante do barramento e o desenvolvimento da pesca no lago a ser formado.

Figura 2.1 (1/1) – Localização e acessos (1/1)

CORRESPONDE A FIGURA 2.1 DO EIA PRELIMINAR

De forma complementar destacam-se o abastecimento da população ribeirinha de jusante e a dessedentação animal, bem como o desenvolvimento da recreação e lazer no reservatório, como fontes de benefícios adicionais para a região.

## 2.4 – ESTUDOS DE ALTERNATIVAS LOCACIONAIS

Para eleição das alternativas locacionais de barramentos foram efetuadas a princípio análises da carta da SUDENE na escala 1:100.000 – Folhas Ipu e Ipueiras, complementadas posteriormente com visitas de campo a áreas dos sítios identificados ao longo do vale do riacho Jatobá. Com base na pesquisa de campo efetuada foram selecionadas cinco alternativas de eixos barráveis: os eixos I (Flores), II (Cangati), III (Tobiba), IV (Fazenda Cupira) e IV-A (Fazenda Cupira), cujas localizações podem ser visualizadas nas **Figuras 2.2 e 2.3**.

Os eixos selecionados foram submetidos a estudos mais aprofundados, tendo sido elaborada uma pré-concepção do tipo de barramento para cada eixo e a definição de um perfil topográfico inferido, o que possibilitou a estimativa dos custos de construção das principais obras (exceto sangradouro) e o estudo comparativo entre as alternativas.

Para cada eixo foi definido, para efeito comparativo, uma altura de barragem que acumulasse o volume de 20 hm<sup>3</sup>. Em cada alternativa foi levantado, ainda, o maciço de terra necessário para execução da obra, o tipo de sangradouro adequado, as lâminas vertedouras, um cadastro preliminar de imóveis e da população a ser desalojada das bacias e uma avaliação preliminar dos impactos ambientais associados. O **Quadro 2.1** apresenta os custos de implantação das principais obras previstas nas alternativas de barramentos estudadas.

Observa-se que o Eixo II proporciona a fundação e o maciço de terra mais econômicos, enquanto que os custos com a implantação da tomada d'água são iguais para as cinco alternativas. Os gastos com proteção dos taludes, rock-fill e drenagem apresenta-se menor para o Eixo IV, enquanto que os eixos II e III apresentam custos semelhantes e os maiores gastos são incorridos pelo Eixo I.

Quanto ao sangradouro, este apresenta custos sensivelmente maiores nos Eixos II e III, enquanto que os Eixos IV e IV-A II apresentam seus custos praticamente iguais, sendo observado apenas uma diferença para mais de 3,57% entre o valor apresentado pelo Eixo IV-A em relação ao valor do Eixo IV. O Eixo I é o que apresenta o custo mais baixo para implantação do sangradouro.

Figura 2.2 (1/1) - Mapa de Localização das Alternativas I, II e III (1/1)

CORRESPONDE A FIGURA 2.2 DO RELATÓRIO DO EIA PRELIMINAR

Figura 2.3 (1/1) - Mapa de Localização das Alternativas IV e IVA (1/1)

CORRESPONDE A FIGURA 2.3 DO RELATÓRIO DO EIA PRELIMINAR

Quadro 2.1 (1/1)

No que se refere às condições de fundação das obras, as três alternativas de barramento estudadas apresentam características geológicas mais ou menos semelhantes em termos litológicos e tectônicos, tendo o Eixo IV-A como desvantagem o fato de apresentar maior extensão do barramento (1.172,0 m), se comparado com as outras alternativas, que apresentam extensão pelo coroamento de 1.100,0 m (Eixo I), 900,0 m (Eixos II e III) e 800,0 m (Eixo IV). Quanto à disponibilidade de materiais de construção dentro de uma distância econômica da área das obras, constata-se que as jazidas de materiais terrosos, granulares e pétreos se posicionam a distâncias econômicas em todas as alternativas.

Quanto às condições ambientais e socioeconômicas vigentes nas áreas dos eixos barráveis constatou-se que qualquer que seja a alternativa adotada o número de imóveis rurais a serem desapropriados e de famílias a serem relocadas é considerado baixo, atingindo no máximo 20 famílias nos eixos I, II e III e 39 famílias nos eixos IV e IV-A. As interferências com infra-estruturas de uso público estão restritas a trechos de rede elétrica de baixa tensão e de estradas vicinais nos eixos I e II, enquanto que no Eixo III o lago inundará um trecho da rodovia estadual CE-257. Nos eixos IV e IV-A há necessidade de relocação de 5,0 km de rede elétrica e de relocação de 5,0 km de estrada vicinal.

Quanto à submersão de solos agricultáveis, a composição dos solos predominantes na área da bacia hidráulica é igual qualquer que seja a alternativa selecionada. Os solos com potencial agrícola estão restritos aos Neossolos Flúvicos associados ao riacho Jatobá. Não foi constatada a presença de áreas de relevante interesse ecológico, tais como reservas indígenas, unidades de conservação, patrimônios arqueológico e paleontológico tombados ou em processo de tombamento, ou com espécies endêmicas da flora ou da fauna em nenhuma das alternativas de eixos barráveis.

Os riscos de salinização das águas represadas são considerados médios dada à presença de solos salinos (Planossolos Nátricos Sálidos) na bacia de contribuição das cinco alternativas de eixo, como terceiro e quarto elementos da associação de solo aí presente. Este problema, no entanto, é minorado pelo baixo tempo de detenção do reservatório. Os riscos de poluição das águas represadas por efluentes sanitários podem ser considerados elevados para os Eixos I, II e III, tendo sido constatada a presença da cidade de Ipueiras na retaguarda do reservatório nestas três alternativas. Quanto aos riscos de poluição das águas represadas por agrotóxicos, estes podem ser considerados muito baixos, não tendo sido constatada a presença de áreas com irrigação intensiva na retaguarda do reservatório, qualquer que seja a alternativa adotada.

Da análise dos diversos aspectos selecionados para avaliação, foi decidido em comum acordo com os técnicos da SRH e do Painel de Segurança de Barragens que a melhor alternativa para a localização do barramento encontra-se representada pelo Eixo IV-A, na Fazenda Cupira.

## 2.5 – ESTUDOS BÁSICOS

### 2.5.1 – Estudos Cartográficos

Os estudos cartográficos foram realizados na área de implantação das obras e na bacia hidráulica do reservatório, constando de levantamentos topográficos, planialtimétricos e aerofotogramétricos, visando à obtenção de plantas em escala compatível com o grau de detalhamento desejado.

Os levantamentos topográficos do eixo barrável e do sangradouro foram executados através de locação de Estação Total, pelo método de coordenadas com identificação dos eixos Este e Norte, elevação e descrição dos pontos identificados, constando dos seguintes serviços:

- As coordenadas utilizadas para o levantamento foram fornecidas pela TOPOCART, empresa responsável pelos serviços cartográficos. O Marco M1, que corresponde a Estaca 00 tem as coordenadas  $X = 306280.8398$  e  $Y = 5492978.1873$ , enquanto que o Marco M2, correspondente a Estaca 58 + 12,28 tem as seguintes coordenadas  $X = 306862.6858$  e  $Y = 9491957.4666$ ;
- Locação do eixo da barragem e do sangradouro com estaqueamento a cada 20,0 m e implantação de marcos de concretos nas deflexões topográficas, os quais servirão de base para amarração das obras. O eixo da barragem parte da estaca inicial, Estaca 00, implantada na ombreira esquerda e finaliza na Estaca 58+12,28, posteriormente realizou-se um estaqueamento complementar seguindo da Estaca 58 até a Estaca 61 + 11,50 m e da Estaca 1 até a Estaca 26, totalizando uma extensão de 1.751,5 m. Já o eixo do sangradouro foi locado partindo da Estaca 53, o qual foi estaqueado da Estaca 501 até a Estaca 527 + 10,2, no riacho Jatobá.
- Nivelamento geométrico de todas as estacas do eixo da barragem e sangradouro e geração do perfil longitudinal do terreno natural no referido eixo;
- Levantamento de seções transversais ao eixo da barragem e sangradouro a cada 20,0 m, abrangendo uma faixa de domínio com largura de 400,0 m à

- montante e 300,0 m à jusante da barragem. Geração de planta baixa do boqueirão e do sangradouro, com curvas de nível eqüidistantes a cada metro;
- Locação do canal de restituição com estaqueamento a cada 50,0 m, tendo sua poligonal locada a partir da Estaca 53 do eixo da barragem, acompanhando o talvegue à jusante, que conduzirá o caudal de sangria até o riacho Jatobá;
  - Levantamento altimétrico da poligonal do canal de restituição, com seccionamento a cada 50,0 m, com 100,0 m de largura para cada lado e pontos cotados a cada 10,0 m, e elaboração da planta baixa com curvas de nível eqüidistantes a cada metro.

Na área da bacia hidráulica, o levantamento foi realizado com o objetivo de se obter uma cobertura aerofotogramétrica colorida na escala 1:15.000, totalizando 87,0 km<sup>2</sup> e plantas topográficas digitais na escala 1:5.000 da bacia hidráulica que totalizaram 6,78 km<sup>2</sup>. Os produtos gerados pelo levantamento aerofotogramétrico constam de uma coleção de aerofotos na escala do vôo; um foto índice na escala de 1:60.000; listagens de ajustamento do rastreamento por GPS e da Aerotriangulação; monografias dos vértices do apoio básico, uma coleção das plantas topográficas na escala 1:5.000, contendo a base vetorial e uma coleção de CD-ROM, contendo fotos aéreas em formato digital.

O **Desenho 01/09 no Anexo** mostra o mapa planialtimétrico da bacia hidráulica do reservatório.

## **2.5.2 – Estudos Hidrológicos**

Os estudos hidrológicos realizados objetivaram fornecer informações e elementos relativos aos aspectos fisiográficos e hidroclimatológicos da bacia de contribuição da Barragem Jatobá, necessários ao desenvolvimento do projeto de engenharia, com vistas ao dimensionamento do reservatório a ser implantado.

Desta forma foi efetuada inicialmente uma caracterização física da bacia hidrográfica do riacho Jatobá, que drena uma área de 41,38 km<sup>2</sup>, apresentando um perímetro de 27,04 km e comprimento do rio principal de 9,6 km. A declividade média na área da bacia de contribuição é de 63,65 m/km, enquanto que o índice de compacidade é de 1,19 e o fator de forma atinge 0,45. O tempo de concentração é de 1,10 h.

Posteriormente foi efetuado o Estudo de Cheias, no qual a determinação da cheia de projeto para dimensionamento do sangradouro é realizada com base em

dados históricos de vazão (métodos diretos) ou com base na precipitação (métodos indiretos), estando em ambos os casos associados um risco previamente escolhido. Diante da ausência de registros históricos de vazões, foi adotada a determinação do hidrograma de projeto com base na precipitação.

Em barragens pequenas e médias, onde grandes riscos não estão envolvidos, pode-se utilizar o hidrograma de projeto baseado nas precipitações associadas a um risco ou probabilidade de ocorrência, podendo o período de retorno de 1000 anos ser suficiente, fazendo-se posteriormente uma verificação para 10.000 anos.

Os métodos estatísticos de obtenção de vazões máximas que utilizam séries de vazões observadas, procedimento comum para bacias naturais, não podem ser aplicados pela escassez de dados ou, ainda sua inexistência. Esta falta de dados dos eventos a serem estudados indicaram a escolha do método de transformação chuva-deflúvio como metodologia a ser adotada.

A metodologia procura descrever as diversas hipóteses do cálculo da cheia de projeto: a escolha da chuva de projeto, o hietograma utilizado, a definição da precipitação efetiva, o hidrograma da cheia na bacia e, por fim, o seu amortecimento no sangradouro. A ferramenta utilizada para a implementação desta metodologia foi o programa HEC-1.

Assim sendo, as relações chuva-deflúvio para a Bacia do Jatobá foram estabelecidas pelo modelo HEC-1, projetado para simular o escoamento superficial numa bacia, sendo esta representada como um sistema de componentes hidrológicos e hidráulicos. Para a referida bacia foi estudada a sua resposta ao hietograma de projeto correspondente ao tempo de retorno de 1000 anos.

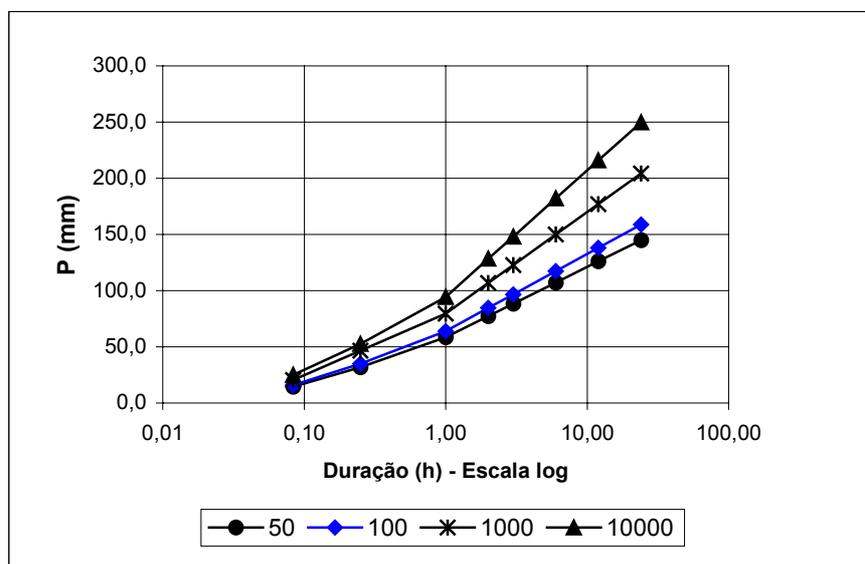
Para o cálculo do escoamento superficial na Bacia do Jatobá foi considerada a precipitação uniformemente distribuída sobre a sua área (**Quadro 2.2**). O hietograma adotado baseou-se nas curvas intensidade-duração-frequência da precipitação obtidas através do Método de Torga, cujos resultados são apresentados na **Figura 2.4**.

#### QUADRO 2.2 – CHUVAS REDUZIDAS

Duração	5 min	15 min	60 min	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h
P(mm) – TR 50	14,5	32,0	58,4	77,2	88,3	107,1	126,0	144,9
P(mm) – TR 100	15,9	35,0	63,9	84,6	96,7	117,3	138,0	158,7
P(mm) – TR 1000	20,4	46,6	79,7	106,8	122,7	149,9	177,1	204,2
P (mm) – TR 10000	25,0	52,6	94,4	128,3	148,1	182,0	215,8	249,7

Fonte: KL/MABE/ENERCONSULT, Barragem Jatobá – Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações. Volume II – Anteprojeto. Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral. Fortaleza, KL/MABE/ENERCONSULT, 2004. 90p.

**FIGURA 2.4 – CURVAS INTENSIDADE – DURAÇÃO – FREQUÊNCIA (CHUVA REDUZIDA)**



Fonte: KL/MABE/ENERCONSULT, Barragem Jatobá – Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações. Volume II – Anteprojeto. Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral. Fortaleza, KL/MABE/ENERCONSULT, 2004. 90p.

Com base nos dados da curva intensidade-duração-frequência, o HEC-1 constrói uma distribuição triangular da precipitação, onde é assumido que cada total precipitado para qualquer duração ocorre durante a parte central da tormenta (tormenta balanceada). Alturas correspondentes a 10 e 30 minutos são interpoladas nas alturas precipitadas de 5, 15 e 60 minutos através da equação do HYDROS-35 (National Weather Service, 1977), tendo-se chegado a um hietograma de projeto com duração de 24 horas.

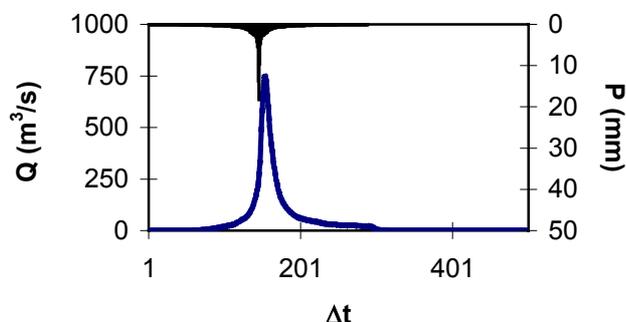
No cálculo da chuva efetiva foi adotado o Método do Curva-Número do *Soil Conservation Service* – SCS. Este método baseia-se no cálculo da precipitação efetiva em função da altura total de chuva e do parâmetro de abstração denominado Curva-Número (CN). A determinação deste coeficiente depende das seguintes propriedades geradoras de escoamento na bacia: grupo hidrológico dos solos, uso do solo e do tratamento agrícola, condição da superfície subterrânea e condição de umidade antecedente. Com base nos tipos de solos (grupos hidrológicos) predominantes na área da bacia hidrográfica, no relevo e no uso atual do solo vigente foi determinado o parâmetro CN, a ser adotado no cálculo da precipitação efetiva, cujo valor para a Bacia do Jatobá é igual a 86.

Para transformar a precipitação efetiva em escoamento superficial da bacia foi adotado o Método do Hidrograma Unitário do SCS, que foi idealizado para bacias com áreas entre 2,5 e 1000 km<sup>2</sup> e que é construído exclusivamente a partir de informações

hidrológicas. Além disto, este modelo necessita apenas de um parâmetro o  $T_{LAG}$ , que é igual à distância (lag) entre o centro da massa do excesso de chuva e o pico do hidrograma unitário. O tempo de concentração da bacia foi estimado através da aplicação da fórmula de Kirpich, do Califórnia Highways.

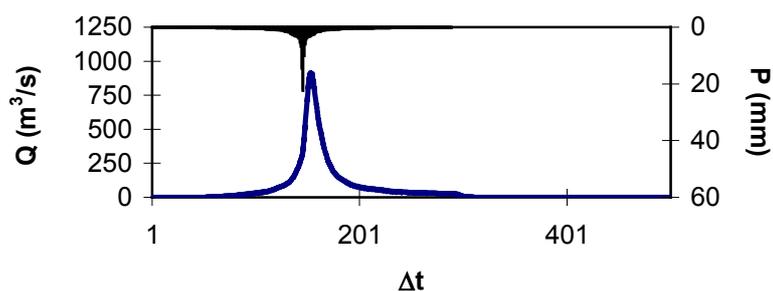
A **Figura 2.5** apresenta o hidrograma de projeto e o hidrograma afluente a Barragem Jatobá para o tempo de retorno de 1000 anos, no qual se obtém uma vazão de pico de  $748,0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Para o tempo de retorno de 10000 anos foi obtida uma vazão de pico de  $911,0 \text{ m}^3/\text{s}$  (**Figura 2.6**).

**FIGURA 2.5 – HIDROGRAMA TOTAL AFLUENTE AO JATOBÁ (TR = 1000 ANOS)**



Fonte: KL/MABE/ENERCONSULT, Barragem Jatobá – Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações. Volume II – Anteprojeto. Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral. Fortaleza, KL/MABE/ENERCONSULT, 2004. 90p.

**FIGURA 2.6 – HIDROGRAMA TOTAL AFLUENTE AO JATOBÁ (TR = 10.000 ANOS)**



Fonte: KL/MABE/ENERCONSULT, Barragem Jatobá – Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações. Volume II – Anteprojeto. Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral. Fortaleza, KL/MABE/ENERCONSULT, 2004. 90p.

O Estudo da Capacidade de Regularização do Reservatório desenvolvido teve como objetivos a análise incremental do ganho em volume regularizado em relação ao aumento da capacidade do reservatório e a estimativa de perdas por evaporação e sangria. Na determinação das curvas de regulação do reservatório foram utilizados os métodos da Solução Direta da Equação do Balanço Hídrico e do Diagrama Triangular de Regularização.

Para a geração das séries sintéticas de vazões foram adotadas as características de escoamento estabelecidas no Plano Estadual de recursos Hídricos – PERH (1990), ou seja, lâmina média escoada de 101,35 mm e volume afluente médio escoado ( $\mu$ ) de 4,19 hm<sup>3</sup>/ano. Foi adotado o coeficiente de variação (CV) igual a 1,36 com base no valor indicado por Campos *et al.* (1995).

Para a aplicação dos métodos de Solução Direta da Equação do Balanço Hídrico e do Diagrama Triangular de Regularização faz-se necessário a determinação do fator de forma  $\alpha$ , lâmina evaporada e fator adimensional de evaporação e capacidade. No caso do fator adimensional de capacidade este é variável uma vez que se pretende analisar o ganho na regularização em função do aumento da capacidade. O fator adimensional de evaporação, por sua vez, foi estimado em 0,366.

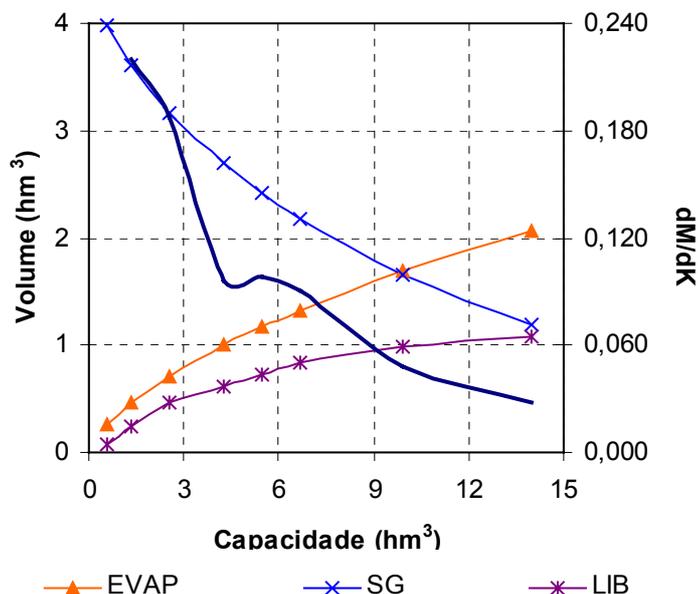
O **Quadro 2.3** apresenta os valores dos volumes regularizados, evaporados e sangrados em termos absolutos e percentuais em função do fator de capacidade ( $f_k = K/\mu$ ). A **Figura 2.7** apresenta as curvas de regulação para a Barragem Jatobá.

### QUADRO 2.3 – ESTUDO INCREMENTAL DE CAPACIDADES DO RESERVATÓRIO

Cota (m)	K (hm <sup>3</sup> )	Fk=K/ m	%LIB	LIB (hm <sup>3</sup> /ano)	%EV	EV (hm <sup>3</sup> /ano)	%SG	SG (hm <sup>3</sup> /ano)	dM/dK	Q90 (m <sup>3</sup> /s)	M90 (hm <sup>3</sup> /ano)
258	0,565	0,13	1,8	0,080	6,1	0,265	92,0	3,984	-	0,003	0,082
260	1,355	0,32	5,7	0,247	10,9	0,472	83,4	3,612	0,22	0,008	0,256
262	2,570	0,61	10,6	0,459	16,4	0,712	73,0	3,161	0,19	0,015	0,484
264	4,283	1,02	14,3	0,618	23,3	1,009	62,4	2,706	0,10	0,021	0,648
265	5,490	1,31	16,8	0,728	27,2	1,179	56,0	2,426	0,10	0,024	0,766
<b>266</b>	<b>6,695</b>	<b>1,60</b>	<b>19,1</b>	<b>0,830</b>	<b>30,6</b>	<b>1,328</b>	<b>50,2</b>	<b>2,177</b>	<b>0,09</b>	<b>0,028</b>	<b>0,875</b>
268	9,946	2,37	22,6	0,980	39,1	1,694	38,3	1,662	0,05	0,033	1,031
270	13,990	3,34	25,1	1,087	47,5	2,060	27,4	1,190	0,03	0,036	1,144

Fonte: KL/MABE/ENERCONSULT, Barragem Jatobá – Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações. Volume II – Anteprojeto. Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral. Fortaleza, KL/MABE/ENERCONSULT, 2004. 90p.

**FIGURA 2.7 – CURVAS DE REGULAÇÃO DO RESERVATÓRIO JATOBÁ**



Fonte: KL/MABE/ENERCONSULT, Barragem Jatobá – Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações. Volume II – Anteprojeto. Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral. Fortaleza, KL/MABE/ENERCONSULT, 2004. 90p.

Os dados apresentados no **Quadro 2.3** e na **Figura 2.7** sugerem que a partir da cota 266 m (volume em torno de 6,69 hm<sup>3</sup>) os ganhos incrementais na capacidade de regularização da barragem com o aumento do barramento não são significativos. Para esta capacidade o reservatório regulariza 19,1 % do volume afluente médio anual, ou em termos de volume, 0,830 hm<sup>3</sup>/ano, conforme a resolução direta da equação do balanço hídrico. Este volume regularizado anualmente corresponde a uma vazão regularizada de 0,028 m<sup>3</sup>/s com 90,0 % de garantia.

O **Quadro 2.4** mostra a capacidade de regularização da Barragem Jatobá, sendo discriminado neste como a distribuição do volume afluente ao reservatório em volume regularizado (RG), volume evaporado (EV) e volume sangrado (SG). Os valores apresentados pelo Método do Diagrama Triangular (**Figura 2.8**) são confirmados pelos resultados obtidos pela solução direta do balanço hídrico.

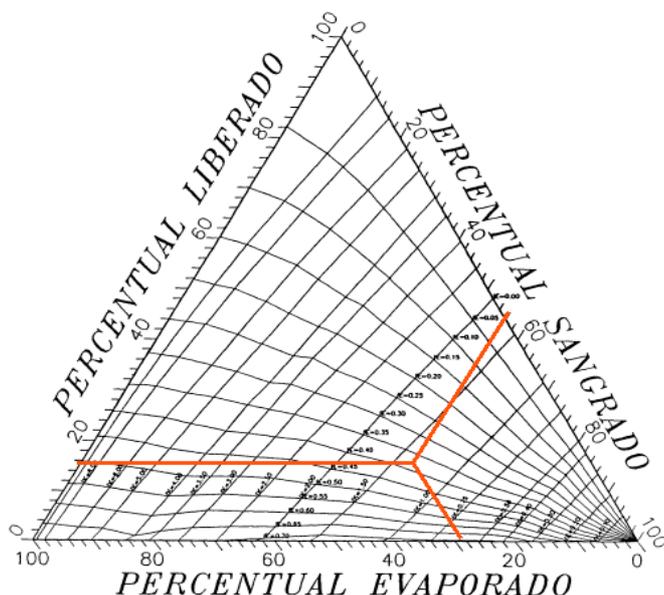
**QUADRO 2.4 – DISTRIBUIÇÃO DO VOLUME AFLUENTE E DA VAZÃO REGULARIZADA**

Distribuição do Volume Afluente			Qr 90% (m <sup>3</sup> /s)
RG - %	SG - %	EV - %	
0,830 – 19,1%	2,177 – 50,2%	1,328 – 30,6%	0,028

Fonte: KL/MABE/ENERCONSULT, Barragem Jatobá – Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações. Volume II – Anteprojeto. Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral. Fortaleza, KL/MABE/ENERCONSULT, 2004. 90p.

Nota: EV - Volume Evaporado (hm<sup>3</sup>/ano); SG - Volume Sangrado (hm<sup>3</sup>/ano); RG- Volume Regularizado (hm<sup>3</sup>/ano) e Qr 90% - Vazão regularizada com 90% de garantia (m<sup>3</sup>/s)

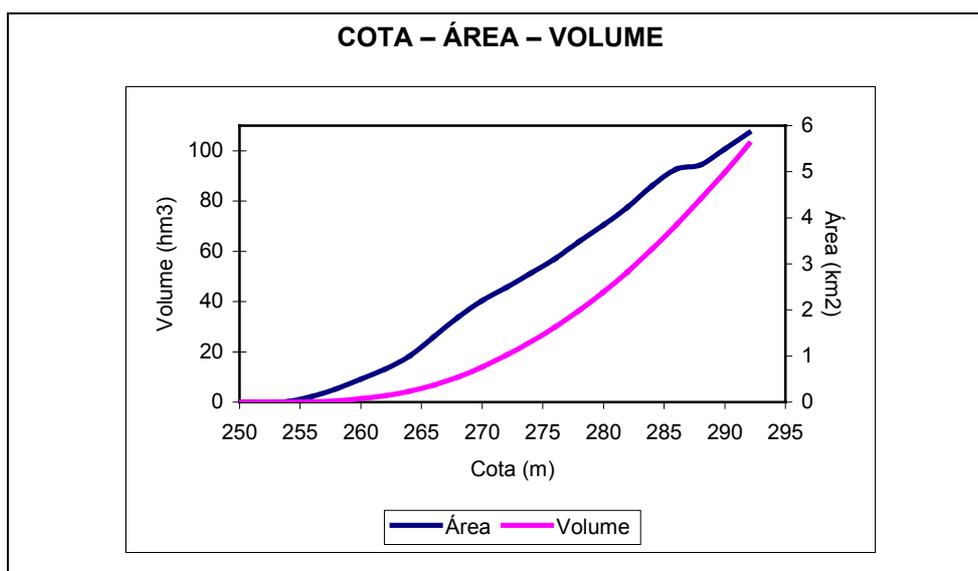
**FIGURA 2.8 – DIAGRAMA TRIANGULAR DE REGULARIZAÇÃO APLICADO A BARRAGEM JATOBÁ**



Fonte: KL/MABE/ENERCONSULT, Barragem Jatobá – Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações. Volume II – Anteprojeto. Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral. Fortaleza, KL/MABE/ENERCONSULT, 2004. 90p.

O reservatório terá uma capacidade de acumulação de  $6,2 \text{ hm}^3$ , com a soleira do sangradouro na cota 266,0 m e coroamento na cota 269,8 m. A **Figura 2.9** mostra a curva de cota-área-volume da Barragem Jatobá.

**FIGURA 2.9 – CURVA COTA – ÁREA – VOLUME**



Fonte: KL/MABE/ENERCONSULT, Barragem Jatobá – Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações. Volume II – Anteprojeto. Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral. Fortaleza, KL/MABE/ENERCONSULT, 2004. 90p.

Para o dimensionamento do sangradouro foi adotada a cheia associada ao tempo de retorno de 1000 anos, para a qual foram realizados estudos de laminação, enquanto que a determinação da cota de coroamento da barragem foi baseada na cheia associada ao tempo de retorno de 10.000 anos para garantir o não galgamento desta cheia. A laminação das enchentes de projeto foi efetuada pelo Método de Puls.

A largura do sangradouro da barragem foi definida em função das condições hidráulicas, selecionada a menor largura de sangradouro que permitisse que a cheia de 1.000 anos fosse escoada sem problemas. A largura do sangradouro adotada foi de 30 m. Os picos de vazões efluentes e lâminas de sangria associados aos períodos de retorno de 1.000 e 10.000 anos para a cota de sangria de 266,0 m são apresentados no **Quadro 2.5**.

### QUADRO 2.5 – VAZÕES E LÂMINAS DE SANGRIA

Discriminação	TR = 1.000 Anos	TR = 10.000 Anos
▪ Cota de Pico (m)	268,4	268,8
▪ Vazão Efluente (m³/s)	238,0	303,0
▪ Lâmina (m)	2,40	2,80

Fonte: KL/MABE/ENERCONSULT, Barragem Jatobá – Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações. Volume II – Anteprojeto. Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral. Fortaleza, KL/MABE/ENERCONSULT, 2004. 90p.

### 2.5.3 – Estudos Geológicos/Geotécnicos

#### 2.5.3.1 – Geologia

A geologia da região onde está inserido o projeto apresenta um predomínio de rochas cristalinas, de idade pré-cambriana, tendo como dominante a Unidade Canindé do Complexo Ceará. Nesta os litotipos petrográficos são constituídos por gnaisses e migmatitos diversos, encerrando jazimentos subordinados, de metacalcários, quartzitos, rochas calcissilicáticas, anfibolitos, metabasitos e metaultrabasitos, além de rochas gabro-dioríticas. No entorno da cidade de Ipueiras observa-se o predomínio de rochas graníticas (granitóides) ocupando uma grande área, muitas vezes formando núcleos mais homogêneos nas rochas migmatizadas. À sudeste de Ipueiras ocorrem migmatitos porfiroblásticos.

Ocorrem, ainda, na região no domínio do embasamento cristalino os migmatitos pertencentes ao Complexo Tamboril/Santa Quitéria; os granitóides da Serra da Mata e os ortognaisses facoidais de composição granítica, estes últimos posicionados a sudeste de Ipueiras. No domínio do embasamento sedimentar observa-se o predomínio dos arenitos do Grupo Serra Grande associados ao Planalto da Ibiapaba, além dos depósitos aluviais do riacho Jatobá e de seus tributários e das coberturas sedimentares

de espriamento aluvial presentes à sudoeste de Ipueiras, próximo a localidade de Livramento.

Do ponto de vista estrutural destaca-se na região a Falha de Tauá, que tem direção aproximada NW-SE a N-S, e a Falha de São Pedro, que ocorre paralela a esta, ambos de movimento transcorrente,

Em escala local, a área das obras está inserida geologicamente no domínio das rochas cristalinas, tendo como litologia predominante às rochas metamórficas gnáissicas e migmatíticas. Os gnaisses apresentam-se compostos predominantemente por biotita, quartzo e feldspato, exibindo coloração cinza claro a cinza médio e cinza escuro, com granulação equigranular média a fina. Os migmatitos homogêneos caracterizam-se pela presença de estruturas do tipo nebulítica, anatexítica e schlierena, dominância das tonalidades rósea e cinza claro e granulação variando de inequigranular média a grossa. Ocorrem também na área migmatitos heterogêneos, tendo como mais comuns às estruturas agmáticas, estromáticas, flebíticas, dobradas, oftalmíticas e schollens.

A foliação das rochas apresenta direção preferencial segundo NW-SE, com mergulhos suaves de 15° a 40° para NE e para SW, refletindo uma situação favorável ao posicionamento do barramento, visto que o sentido do riacho Jatobá se dá transversalmente aos planos de foliação da rocha. Ocorre no local um dobramento sinclinal com caimento do eixo para NW, cujos flancos são cortados pelo riacho Jatobá.

Nas ombreiras, as coberturas de solo sobre as rochas formam um manto de intemperismo não muito espesso, que raramente ultrapassa a profundidade de 1,5m, sendo constituído por duas camadas distintas. A camada superficial é composta por solo mais maduro de granulometria areno-argilosa, coloração avermelhada ou amarelada, que não conserva nenhuma aparência da rocha original e apresenta excelente qualidade para uso na construção de barragens de terra homogênea. A camada inferior, adjacente ao topo da rocha, apresenta em média 0,5 m de espessura, sendo formada por solo residual jovem ou saprolito, composto essencialmente por quartzo, mica e feldspato, classificado como silte arenoso micáceo, que na sua estrutura original é impermeável, perdendo essa característica em caso de remoção ou desagregação mecânica.

Os depósitos aluvionares constatados ao longo do riacho Jatobá são constituídos por sedimentos inconsolidados contendo depósitos de areias finas, siltes e argilas de coloração escura, com matéria orgânica em decomposição. Na calha do riacho são encontradas areias de granulometria fina e média a grossa com pedregulhos

e minerais micáceos provenientes da decomposição das rochas do embasamento cristalino.

### 2.5.3.2 – Geotecnia

Visando completar a caracterização geotécnica da área de implantação das obras foi realizada uma campanha de sondagens. Foram efetuadas 17 sondagens ao longo do eixo do barramento, sendo 12 sondagens a percussão e cinco mistas, ou seja, iniciadas a percussão e prosseguidas com sonda rotativa.

Na ombreira esquerda (Estacas 20 a 34) foram executadas seis sondagens a percussão (SP-01 e SP-06). Examinando os perfis dessas sondagens observa-se que a SP-01 atingiu 2,24 m, tendo atravessado uma camada de areia fina e média argilosa com pedregulhos. Nos locais previstos para realização das sondagens SP-02 e SP-03 a rocha apresenta-se aflorante, o que impossibilitou a execução deste tipo de sondagem. As sondagens SP-04 e SP-05 com profundidades de 5,89 e 3,14m atravessaram uma camada de solo residual. A sondagem SP-06 apresentou-se composta por areia fina, argilosa com matéria orgânica até a profundidade de 1,80 m e areia média e grossa com pedregulhos até 5,21 m. O nível d'água nessa sondagem foi encontrado a 2,42 m. Outro aspecto revelante a essas sondagens é o fato que os SPT's superficiais são inferiores a 7 golpes. Desta forma a proposição para assentamento da barragem entre as estacas 20 (SP-01) e 31 (SP-05) é fazer a retirada de pelo menos 2,0 m de solo natural e fazer um *cut-off* dentro do solo residual.

Na calha do riacho Jatobá foram executadas 5 sondagens a percussão (SP-06 a SP-10) e 5 sondagens mistas (SM-01 a SM-05). Examinando os perfis destas sondagens, que estão localizadas entre as estacas 34 a 47, verifica-se que a camada superficial predominante é de areia média e grossa com pedregulhos com impregnações argilosas. Esse pacote de solo permeável atinge profundidades de até 11,92 m. Foi encontrado, também, areias finas e muito argilosas. Abaixo da camada arenosa foi encontrado gnaiss macio a duro cinza rosa. O nível d'água foi encontrado em profundidades variando de 2,0 a 3,76 m. As camadas inferiores são formadas de areia fina e média ou média a grossa, argilosa, com pedregulhos e seixos. Na concepção do anteprojeto foi prevista para este trecho a retirada obrigatória de 3,0 m de terreno natural, a execução de um *cut-off* parcial com 3,0 m de espessura e a construção de um tapete argiloso impermeabilizante a montante, que deverá se estender entre as estacas 29 e 48 pelo eixo do barramento.

A ombreira direita posicionada na elevação do morro apresenta-se íngreme e curta nesse local, tendo sido aí executadas duas sondagens mistas (SM-05 e SM-06), esta última já posicionada no local do sangradouro. A sondagem SM-06, cujo perfil

apresenta-se dominante, é composta por uma camada de solo residual de gnaiss com 1,58 m de espessura assente sobre gnaiss decomposto. Na sondagem SM-05 foi encontrado areia fina a média, argilosa, com pedregulhos até 5,28 m de profundidade. Desta forma, na ombreira direita foi prevista a retirada de 1,0 m de espessura de solo natural e a execução do *cut-off* até o solo residual de gnaiss ou o próprio gnaiss.

No local do sangradouro foram executadas cinco sondagens mistas (SM-06 a SM-10). As sondagens SM-06, SM-07 e SM-10 apresentaram uma camada de solo residual com espessura máxima de 1,9 m. Nas sondagens SM-08 e SM-09 já se constata a ocorrência de gnaiss decomposto aflorando na superfície. Os perfis dessas sondagens na parte rochosa apresentam camadas de gnaiss decomposto, gnaiss macia, gnaiss dura e muito dura. A camada mais espessa de gnaiss decomposto foi encontrada na sondagem SM-08, apresentando uma espessura de 4,5 m. Com base na formação geológica encontrada nessas sondagens foi proposta a construção de um sangradouro composto de estruturas de concreto escavadas e assentes no gnaiss decomposto, com perfil Creager, canal rápido e bacia de dissipação. O canal rápido e a bacia de dissipação deverão ser chumbados no gnaiss decomposto e possuírem um sistema de drenagem. O **Desenho 02/09 no Anexo** apresenta o perfil geológico/geotécnico do eixo do barramento.

Quanto aos ensaios realizados *in situ*, foram executados 35 ensaios de permeabilidade com carga constante nas sondagens mistas SM-01 a SM-05 e oito ensaios de perda d'água específica nas sondagens SM-01 a SM-04.

Examinando os ensaios de perda d'água em rocha LUGEON, verifica-se que em alguns trechos houve perda específica superior a 1,0 l/min/m/atm. Ressalta-se, no entanto, que face ao tipo de solução assumida e sabendo-se que o pacote rochoso fica a 10,0 m de profundidade, pode-se afirmar que é desnecessária a execução de uma cortina de injeção.

As sondagens executadas no vale do riacho Jatobá mostraram que existe nível d'água a profundidades da ordem de 2,0 m dentro do pacote de areia, razão pela qual se prevê a necessidade de rebaixamento do lençol freático. A princípio pode ser tentada a canalização das águas para um ponto mais baixo e daí fazer o bombeamento. Caso esse processo não se mostre totalmente satisfatório será então necessário fazer o uso de sistemas de rebaixamento com ponteiras.

#### 2.5.3.3 – Materiais de Empréstimos

Foram realizados estudos dos materiais de empréstimos terrosos, granulares e rochosos, os quais constaram inicialmente do reconhecimento quantitativo e qualitativo dos materiais existentes nas proximidades do eixo do barramento. Foram locadas cinco

jazidas de material terroso (J-01 a J-05), uma de areia (A-01) e uma pedreira (P-01). Após a locação das áreas foram feitas cubagens dos materiais e estabelecidas distâncias médias de transporte.

O **Desenho 03/09 no Anexo** apresenta a localização das áreas de empréstimos estudadas. A jazida J-01 encontra-se posicionada a 1,32 km a montante do eixo do barramento, estando, portanto, dentro da área da bacia hidráulica do reservatório. A jazida J-02 situa-se imediatamente a montante do eixo, a cerca de 1,6 km, estando dentro da área a ser submersa. A Jazida J-03 localiza-se a cerca de 450,0 m do eixo e as jazidas J-04 e J-05 estão posicionadas a 2,72 km e 2,5 km, a montante do eixo, respectivamente.

As jazidas de material terroso apresentam as características discriminadas no **Quadro 2.6**, tendo sido estudadas através de malhas quadráticas de sondagens a pá e picareta.

**QUADRO 2.6 – CARACTERÍSTICAS DAS JAZIDAS DE EMPRÉSTIMOS**

Discriminação	J-01	J-02	J-03	J-04	J-05
Material	Areia fina e média argilosa com pedregulhos				
Área Utilizável (m <sup>2</sup> )	65.625	137.500	111.250	60.000	120.000
Volume Utilizável (m <sup>3</sup> )	126.000	302.500	222.500	150.000	216.000
Expurgo médio (m)	0,06	0,05	0,07	0,05	0,05
Distância ao eixo (m)	1.320	1.600	450	2.720	2.554
Proprietário	Espólio de Antônio Felipe de Araújo	Espólio de Antônio Felipe de Araújo	Cesário Bezerra de Medeiros	José Camelo Veras	Espólio de Francisco Pereira Martins
Vegetação	Pequeno porte				
Benfeitoria	Cerca	Cerca e casa.	Cerca	Cerca e casa	Cerca e casa

Fonte: KL/MABE/ENERCONSULT, Barragem Jatobá – Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações. Volume II – Anteprojeto. Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral. Fortaleza, KL/MABE/ENERCONSULT, 2004. 90p.

As amostras coletadas em furos representativos das jazidas de material terroso foram submetidas a ensaios de caracterização constando de granulometria por peneiramento e com sedimentação, peso específico, compactação Pronctor Normal, permeabilidade com carga variável e cisalhamento direto lento. Os ensaios de granulometria com sedimentação, peso específico, permeabilidade com carga variável e cisalhamento direto lento não foram executados para todas as amostras coletadas. Os resultados obtidos são apresentados no **Quadro 2.7 a 2.9**.

## QUADRO 2.7 – ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DAS JAZIDAS

Discriminação		Jazidas				
		J-01	J-02	J-03	J-04	J-05
Granulometria (% que passa)	3/8"	100	100	100	100	100
	Nº 4	99	99	94	99	99
	Nº 10	97	94	89	95	95
	Nº 40	76	72	66	75	75
	Nº 200	43	47	46	40	40
Sedimentação	Silte	9	13	11	7	8
	Argila	40	42	41	39	36
Plasticidade (%)	LL	28	25	28	26	26
	LP	17	15	19	16	16
	IP	11	10	09	09	09
Compactação $\gamma_{SM}$ (g/m <sup>3</sup> )	Dsmin	1,820	1,815	1,740	1,790	1,805
	Dsmax	1,880	1,900	1,850	1,975	2,015
Classificação Unificada (USC)		SC	SC/CL	SC/CL	SC	SC

Fonte: KL/MABE/ENERCONSULT, Barragem Jatobá – Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações. Volume II – Anteprojeto. Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral. Fortaleza, KL/MABE/ENERCONSULT, 2004. 90p.

## QUADRO 2.8 – ENSAIOS DE PERMEABILIDADE

Amostra	Coefficiente de Permeabilidade K (cm/s)
J – 01 (Furo 3)	5,40 E-08
J – 01 (Furo 5)	9,90 E-08
J – 02 (Furo 4)	4,00 E-08
J – 02 (Furo 16)	3,90 E-08
J – 03 (Furo 13)	3,20 E-08
J – 03 (Furo 16)	5,30 E-08
J – 04 (Furo 7)	5,50 E-08
J – 04 (Furo 11)	3,60 E-08
J – 05 (Furo 1)	4,40 E-08
J – 05 (Furo 15)	6,60 E-08

Fonte: KL/MABE/ENERCONSULT, Barragem Jatobá – Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações. Volume II – Anteprojeto. Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral. Fortaleza, KL/MABE/ENERCONSULT, 2004. 90p.

## QUADRO 2.9 – ENSAIOS DE CISALHAMENTO

Jazida	Corpo de	Tensão Cisalhante	Deformação na	Tensão	Deformação na
--------	----------	-------------------	---------------	--------	---------------

	Prova	Máxima (Kfg/cm2)	Tensão Máxima (mm)	Cisalhante Residual (Kfg/cm2)	Tensão Residual (mm)
J-01 (Furo 03)	01	1,219	0,994	1,190	2,785
	02	2,311	1,382	2,311	4,630
	04	3,199	1,277	3,181	7,081
J-01 (Furo 05)	01	1,173	0,994	1,170	2,837
	02	2,250	1,382	2,236	4,177
	04	3,160	1,277	3,157	6,096
J-02 (Furo 04)	01	1,611	0,994	1,611	2,564
	02	2,299	1,382	2,299	4,628
	04	3,264	1,277	3,262	5,041
J-02 (Furo 16)	01	1,212	0,994	1,182	2,810
	02	2,310	1,382	2,310	5,121
	04	3,133	1,277	3,133	6,121
J-03 (Furo 13)	01	1,212	0,994	1,182	2,810
	02	2,310	1,382	2,310	5,121
	04	3,133	1,277	3,133	6,121
J-03 (Furo 16)	01	1,617	0,994	1,614	2,542
	02	2,313	1,382	2,311	4,640
	04	3,199	1,277	3,199	4,580
J-04 (Furo 07)	01	1,251	0,994	1,165	2,820
	02	2,337	1,382	2,336	4,615
	04	3,144	1,277	3,144	5,614
J-05 (Furo 01)	01	1,180	0,994	1,167	2,809
	02	2,263	1,382	2,261	4,661
	04	3,089	1,277	3,086	6,150

Fonte: KL/MABE/ENERCONSULT, Barragem Jatobá – Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações. Volume II – Anteprojeto. Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral. Fortaleza, KL/MABE/ENERCONSULT, 2004. 90p.

Os solos das jazidas de material terroso são do tipo SC (areia argilosa) e CL (argila de baixa plasticidade) da Classificação Unificada USC ou mistura desses dois tipos de solos. Os solos destas jazidas tem características geotécnicas apropriadas para serem utilizados no maciço da barragem.

O areal encontra-se posicionado no leito do riacho Jatobá, estando localizado dentro da área da bacia hidráulica do futuro reservatório, distando 600m do barramento. Apresentam características apropriadas para o uso como agregado miúdo para concretos, transição e para elemento drenante/filtrante do sistema de drenagem interna do maciço. As amostras coletadas foram submetidas a ensaios de

granulometria por peneiramento e permeabilidade com carga constante. O **Quadro 2.10** apresenta as principais características do areal estudado.

**QUADRO 2.10 – CARACTERÍSTICAS DO AREAL**

<b>Discriminação</b>	<b>A-01</b>
Material	Areia média e grossa com pedregulhos (areia de rio)
Área Utilizável (m <sup>2</sup> )	30.000
Volume Utilizável (m <sup>3</sup> )	30.000
Expurgo médio (m)	0,00
<b>Discriminação</b>	<b>A-01</b>
Distância ao eixo (m)	600
Proprietário	-
Vegetação	Solo desnudo
Benfeitoria	-

Fonte: KL/MABE/ENERCONSULT, Barragem Jatobá – Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações. Volume II – Anteprojeto. Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral. Fortaleza, KL/MABE/ENERCONSULT, 2004. 90p.

O material pétreo necessário para as proteções dos taludes do maciço, transições e enrocamento de pé tem como fonte de obtenção a pedra P-01 constituída por granito. A referida pedra localiza-se dentro da área da bacia hidráulica do futuro reservatório, a cerca de 2,6 km a montante do eixo barrável. Os resultados dos ensaios Los Angeles em amostras da pedra foram de 22,8 %. O **Quadro 2.11** apresenta as principais características da pedra estudada.

**QUADRO 2.11 - CARACTERÍSTICAS DA PEDREIRA**

<b>Discriminação</b>	<b>P-01</b>
Material	Gnaisse
Utilização	Concreto, transição, e enrocamento
Área Utilizável (m <sup>2</sup> )	10.000
Volume Utilizável (m <sup>3</sup> )	60.000
Expurgo médio (m)	0,00
Distância ao eixo (m)	2.600
Proprietário	-
Vegetação	Rocha aflorante
Benfeitoria	-

Fonte: KL/MABE/ENERCONSULT, Barragem Jatobá – Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações. Volume II – Anteprojeto. Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral. Fortaleza, KL/MABE/ENERCONSULT, 2004. 90p.

## 2.6 – CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DO PROJETO

## 2.6.1 – Arranjo Geral das Obras

Na definição do arranjo geral das obras foram considerados os condicionamentos topográficos, geológicos e geotécnicos do local de implantação. O eixo da barragem ficou posicionado no local que apresenta melhores condições topográficas, sendo composto pela barragem, pelo sangradouro e pela tomada d'água. O sangradouro e a tomada d'água, por sua vez, tiveram seus posicionamentos definidos com base nas características geotécnicas do terreno, tendo o vertedouro sido locado na ombreira esquerda do maciço. Desta forma, o conjunto das obras, cuja configuração pode ser visualizada no **Desenho 04/09 no Anexo**, consta basicamente de:

- Barragem de terra homogênea, com altura máxima de 20,69 m acima das fundações e extensão pelo coroamento de 1.751,5 m na cota 269,8 m;
- Sangradouro do tipo Perfil Creager com soleira cota 266,0 m e largura de 30,0 m, situado na ombreira esquerda do maciço;
- Tomada d'água composta de um tubo de aço ASTM A-36 envolto em concreto estrutural com 300 mm de diâmetro e comprimento de 73,0 m. A regulação do fluxo será com registro de gaveta e válvula borboleta. Contará, ainda, com um dissipador de energia cinética e com um tanque tranquilizador.

## 2.6.2 – Barragem

A barragem projetada consta de um maciço de terra homogênea, com a seção-tipo do maciço apresentando uma geometria trapezoidal com largura de crista de 6,0 m e altura máxima de 20,69 m acima das fundações. O comprimento do maciço é de 1.751,5 m, tendo a cota de coroamento sido fixada em 269,8 m.

No local onde se faz necessário à execução de trincheira de fundação, serão escavados dois trapézios. O primeiro de *off-set* a *off-set* consiste a escavação obrigatória. O segundo será o *cut-off*, que será escavado a partir do dreno vertical de areia para montante. A escavação descera em talude de 1,0:1,0 (V:H) até a profundidade prevista, sendo a geometria do *cut-off* trapezoidal com base menor de 7,0 m de largura nas estacas 21, 22 e 23 e de 8,0 m de largura nas demais seções onde está prevista a construção do *cut-off*.

A inclinação do talude de montante é de 1,0:2,0 (V:H) em toda a sua extensão. Para proteção do talude de montante contra os efeitos erosivos das chuvas e das ondas provocadas pelos ventos foi previsto o uso de material pétreo. Será construído um *rip-rap* composto por uma camada com uma espessura de 0,7 m de blocos de

rocha sã assente sobre uma camada de transição com 0,2 m de espessura, formada por produto de britagem de granulometria variada.

O talude de jusante terá inclinação de 1,0:2,0 (V:H) em toda a sua extensão, sendo previsto a colocação de uma berma com 2,0 m de largura na cota 259,8 m. No talude de jusante foi prevista uma proteção superficial com camada de 0,3 m de brita ou cascalho natural de granulometria variada.

A drenagem interna do maciço da barragem será efetuada por um filtro vertical com 1,0 m de espessura, executado com areia do Areal A-01, que ficará com o topo na cota 268,8 m, cota da cheia decamilenar. Para receber as águas do filtro vertical e da fundação foi previsto um tapete drenante horizontal com 1,0 m de espessura, constituído de areia grossa. O filtro vertical e o tapete horizontal serão executados entre as estacas 20 e 52.

Integra, ainda, o sistema de drenagem interna um dreno de pé (*rock-fill*) no talude de jusante da barragem, formado por um enrocamento com blocos de pedras. O *rock-fill* terá seção trapezoidal com taludes 1,0:1,5 (V:H) e largura da crista de 2,0 m. Entre as interfaces com a fundação e o maciço da barragem o *rock-fill* será dotado de camadas de filtro formadas com areia de rio e brita. No miolo do maciço ele será formado por pedra de mão.

### **2.6.3 – Sangradouro**

Com base nos estudos hidrológicos, geotécnicos e topográficos, ficou definida a localização do sangradouro na ombreira esquerda do maciço. A soleira do vertedouro foi fixada na cota 265,5 m, a qual corresponde a um armazenamento d'água de 6,2 hm<sup>3</sup>. A concepção do vertedouro consiste da escavação de um canal de aproximação na cota 263,0 m, com 40,0 m de largura e extensão de 520,0 m, o qual apresenta duas curvas circulares ao longo do seu traçado. O eixo transversal de Creager faz um ângulo de 50° com o eixo do barramento, fazendo com que as descargas do canal rápido e da bacia de dissipação sejam efetuadas ao longo de uma grota natural de drenagem.

O ponto de interseção do eixo da barragem com o eixo do canal se dá na estaca 54 +11,11 da barragem, que corresponde a estaca 11+7,28 m do eixo do canal. Nesse ponto será construído um muro em Perfil Creager, na cota 266,0, com 2,5 m de altura, largura de 30,0 m, projetado para evacuar uma cheia milenar de 776 m<sup>3</sup>/s, com lâmina máxima de 2,4 m. Em seguida segue-se por um canal rápido e uma bacia de dissipação com 30,0 m de extensão.

### **2.6.4 – Tomada d'Água**

A tomada d'água será formada por uma tubulação de aço ASTM A-36, envolvida em concreto estrutural, com diâmetro de 300,0 mm, cujo eixo ficará situado na cota 257,0 m, cruzando o eixo da barragem na ombreira esquerda, na altura da estaca 27. A tomada d'água terá um comprimento total de 73,0 m, estando aí incluso, além da tubulação as infra-estruturas da entrada e saída. A galeria foi dimensionada para uma vazão de 0,028 m<sup>3</sup>/s no nível mínimo de operação do reservatório, com velocidade de 2,0 m/s. A montante da tubulação haverá uma caixa em concreto armado com grade de barra de ferro chato, de malha 100 mm x 100,0 mm, e a jusante outra caixa de concreto armado com três células. A primeira célula abrigará a válvula borboleta e o registro de gaveta, a segunda terá um anteparo para dissipar o excesso de energia cinética e a terceira servirá de tanque tranquilizador, tendo na saída um vertedouro triangular para medição de vazão.

A barragem será operada entre os níveis de cota 266,0 m e 259,0 m, onde os volumes são de 6,2 hm<sup>3</sup> e 0,74 hm<sup>3</sup>, que correspondem a 100,0 % e 11,2 % da sua capacidade, respectivamente.

#### **2.6.5 – Análise de Estabilidade**

Os cálculos da estabilidade dos taludes do maciço foram efetuados utilizando-se tanto a análise estática, como a análise sísmica. A análise estática foi executada com base no método de equilíbrio limite, proposto por Bishop, implementado automaticamente através do programa de cálculos SLOPE/W.

Os cálculos de estabilidade foram realizados sobre a seção máxima, uma vez que esta detém as condições mais desfavoráveis. Os estudos se desenvolveram através da comparação entre os fatores de segurança (Fs) calculados, com os admissíveis para o projeto.

A análise sísmica foi efetuada através de um método pseudo-estático, recorrendo-se ao Método de Bishop Simplificado, também, implementado pelo Programa SLOPE/W. Nos cálculos efetuados para simulação de um abalo sísmico foi considerado o corpo da barragem como rígido, sendo a caracterização obtida através do valor da aceleração máxima esperada na fundação, que foi considerada constante ao longo do perfil da barragem. Tal procedimento se justifica pelos baixos níveis de sismicidade vigentes na região.

Os casos de carregamento a que o maciço será submetido determinaram os parâmetros de resistência a serem utilizados e os tipos de análise a serem implementadas, quais sejam:

- FINAL DE CONSTRUÇÃO: os taludes de jusante e montante foram analisados para esta condição, sendo a análise feita em termos de pressões neutras, tendo sido adotado um coeficiente  $R_u$  igual a 0,10;
- RESERVATÓRIO CHEIO (a longo prazo): regime considerado crítico para o talude de jusante, sendo a análise feita em termos de pressões neutras. Foi determinada a superfície freática associando esta à parábola de Koseny teórica, fazendo as correções de contorno. Na obtenção da anisotropia do solo foi considerada uma relação igual a 9 entre os coeficientes de permeabilidade horizontal/vertical;
- REBAIXAMENTO RÁPIDO: o talude de montante foi analisado para esta condição, sendo a análise feita em termos de pressões neutras, adotando-se os mesmos procedimentos para definição da linha piezométrica do regime permanente.

Na caracterização da ação sísmica foi adotado para a situação de final de construção, regime permanente e rebaixamento rápido um coeficiente sísmico de 0,10g.

Os parâmetros de resistência considerados para os materiais das jazidas foram obtidos com base nos resultados dos ensaios de laboratório, nas características dos materiais de empréstimo e, em experiências com material similar em outras obras. Com base nos resultados obtidos foram estimados os parâmetros de resistência dos solos das jazidas.

O **Quadro 2.12** apresenta os valores dos parâmetros geotécnicos adotados para análise da estabilidade da barragem. Os coeficientes de segurança admitidos seguiram as recomendações da literatura, estando os valores obtidos pelas análises estática e sísmica acima dos valores mínimos recomendados, conforme pode ser visualizado nos **Quadros 2.13 e 2.14**.

**QUADRO 2.12 – PARÂMETROS GEOTÉCNICOS ADOTADOS**

Material	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	C (kPa)	$\phi$ (graus)	$R_u$
Rip-rap	18,0	0,00	45°	0,00
Maciço/Cut-Off	18,8	9,0	31,1°	0,10
Filtro/Tapete	18,0	0,00	35°	0,00
Rock-fill	20,0	0,00	38°	0,00
Aluvião	17,0	5,00	28°	0,10
Topo Rochoso	-	-	-	-

Fonte: FONTE: KL/MABE/ENERCONSULT, Barragem Jatobá Volume II – Anteprojetos. Fortaleza, KL/MABE/ENERCONSULT, 2004. (Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral).

### QUADRO 2.13 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE ESTÁTICA

Simulação	C.S. Mínimo	Superfície de Deslizamento		
		Superficial	Intermediária	Profunda
Final de Construção (talude de montante)	1,30	1,609	1,473	1,605
Final de Construção (talude de jusante)	1,30	1,828	1,632	1,608
Reservatório Cheio (talude de jusante)	1,50	1,827	1,632	1,607
Esvaziamento Rápido (talude de montante)	1,10	1,009	1,158	1,101

Fonte: FONTE: KL/MABE/ENERCONSULT, Barragem Jatobá Volume II – Anteprojetos. Fortaleza, KL/MABE/ENERCONSULT, 2004. (Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral).

### QUADRO 2.14 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE SÍSMICA

Simulação	C.S. Mínimo	Superfície de Deslizamento		
		Superficial	Intermediária	Profunda
Final de Construção (talude de montante)	1,0	1,421	1,309	1,435
Final de Construção (talude de jusante)	1,0	1,611	1,438	1,417
Reservatório Cheio (talude de jusante)	1,0	1,609	1,438	1,417
Esvaziamento Rápido (talude de montante)	1,0	1,001	1,040	1,001

Fonte: FONTE: KL/MABE/ENERCONSULT, Barragem Jatobá Volume II – Anteprojetos. Fortaleza, KL/MABE/ENERCONSULT, 2004. (Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral).

## 2.6.6 – Estudos de Percolação pelo Maciço e Fundação

Os estudos de percolação efetuados tiveram como objetivo avaliar os valores das vazões percoladas pelo corpo da barragem e pela fundação, com vistas ao dimensionamento dos dispositivos de drenagem interna. Para obtenção dos valores das vazões pelo maciço foi determinada a linha freática associando esta à parábola de KOZENY, fazendo as correções de contorno. Foi adotada uma anisotropia entre a permeabilidade horizontal e vertical igual a 9.

Para avaliação das vazões pela fundação foi usado o processo gráfico do traçado da rede de fluxo pela fundação, tendo sido adotada uma anisotropia entre a permeabilidade vertical e horizontal na relação 1/9.

A permeabilidade do maciço da barragem foi obtida a partir das análises dos ensaios de permeabilidade efetuados nos materiais das jazidas. Foi adotada uma permeabilidade igual a  $5,0 \times 10^{-10}$  m/s para o maciço compactado da barragem. As vazões obtidas para os dispositivos de drenagem interna foram de  $7,0 \times 10^{-9}$  m<sup>3</sup>/s/m para o maciço da barragem e de  $1,0 \times 10^{-6}$  m<sup>3</sup>/s/m para a fundação.

## 2.6.7 – Ficha Técnica

As principais características das obras da Barragem Jatobá podem ser resumidas em:

a) Características Gerais

- Nome.....Barragem Jatobá
- Município.....Ipueiras
- Estado.....Ceará
- Sistema.....Bacia Acaraú
- Curso d'água barrado.....Riacho Jatobá
- Bacia Hidrográfica.....41,38 km<sup>2</sup>
- Bacia Hidráulica .....120,59 ha
- Volume de Acumulação..... 6,2 hm<sup>3</sup>
- Vazão Regularizada (90% garantia)..... 0,028 m<sup>3</sup>/s
- Nível d'Água Máximo Normal.....266,0m
- Nível d'Água Max Maximorum (TR=1.000 anos)..... 268,4m
- Nível d'Água Max Maximorum (TR=10.000 anos).....268,8m

b) Barragem

- Tipo.....Maciço de Terra Homogênea
- Cota do coroamento.....269,8 m
- Comprimento do coroamento.....1.751,50m
- Largura do coroamento.....6,0 m
- Altura máxima acima das fundações.....20,69 m
- Talude montante.....1,0:2,0 em toda a sua extensão
- Talude de jusante.....1,0:2,0 em toda a sua extensão

c) Sangradouro

- Tipo.....Perfil Creager
- Cota da soleira.....266,0 m
- Largura.....30,0 m
- Vazão máxima.....936 m<sup>3</sup>/s (Tr = 10.000 anos)
- Lâmina máxima.....2,4m (Tr = 1.000 anos)
- Lâmina máxima.....2,8m (Tr = 10.000 anos)
- Bacia de dissipação (extensão).....30,0 m

d) Tomada D'água

- Tipo.....Tubo de aço ASTM A-36 envolto em concreto
- Número de Conduitos.....1 (um)
- Localização.....ombreira esquerda (Estaca 27)
- Diâmetro.....300 mm
- Comprimento total (incluso entrada e saída).....73,0 m

### 2.6.8 – Custos do Projeto

As obras pertinentes à construção da Barragem Jatobá foram orçadas em R\$ 8.982.321,39<sup>(1)</sup>. O resumo com os valores das estruturas das obras, bem como o valor total, podem ser visualizados no **Quadro 2.15**.

#### QUADRO 2.15 – CUSTO DAS OBRAS DO RESERVATÓRIO

Discriminação	Valor (R\$) <sup>(1)</sup>
Administração e Fiscalização	51.172,61
Serviços Preliminares	1.089.142,68
Barragem e Dique de Fechamento	3.672.785,20
Sangradouro	3.909.220,90
Tomada d'Água	260.000,00
<b>Total</b>	<b>8.982.321,39</b>

Fonte: FONTE: KL/MABE/ENERCONSULT, Barragem Jatobá Volume II – Anteprojetos. Fortaleza, KL/MABE/ENERCONSULT, 2004. (Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral).

<sup>(1)</sup> Valores expressos em reais de janeiro de 2004.

### 2.7 – PROJETO DA ADUTORA DE IPUEIRAS

O Sistema Adutor de Ipueiras tem como objetivo garantir o abastecimento d'água da sede do município homônimo pelos próximos 30 anos, tendo como fonte hídrica a Barragem Jatobá.

No dimensionamento e definição da vazão de projeto foi considerada uma população beneficiada de 25.801 habitantes, tendo como horizonte o ano de 2033. O índice de atendimento do sistema será de 100,0% de cobertura, tendo sido adotado um per capita bruto de 150l/dia.hab. A vazão média diária será de 44,79 l/s e a vazão máxima diária de 29,00 l/s. O tempo de operação máxima é de 24 horas. Foi adotado um coeficiente de máxima variação diária (K1) igual a 1,2 e um coeficiente de máxima variação horária (K2) de 1,5.

Foram estudadas duas alternativas de traçado para adutora. A Alternativa 01 parte do barramento a ser construído no Eixo IV-A (Cupira) e se desenvolve ao longo da faixa de domínio de uma estrada vicinal, apresentando uma extensão de apenas 6.000m. A Alternativa 02, por sua vez, parte do barramento do Eixo I (Flores) e se desenvolve por 38.000m ao longo das faixas de domínio de uma estrada vicinal e das rodovias estaduais CE-257 e CE-187/BR-403. Para a Alternativa 01 as tubulações serão em PVC/aço, apresentando classe de pressão de 1,0 MPa / 2,5 MPa, vazão de 29,00 l/s e desnível geométrico de 15,0m. Já na Alternativa 02 as tubulações serão em FoFo, apresentando classe de pressão de 2,5 MPa, vazão de 53,75 l/s e desnível geométrico de 107,0m. As **Figuras 2.10 e 2.11** apresentam as alternativas de traçado do sistema adutor.

A Alternativa 01 (Cupira) irá beneficiar além da cidade de Ipueiras, as comunidades de Fazenda Cupira, Coité, Arraial, Lambedor, Otacilândia, Videu, Mirador, Barro Vermelho, Pai Mané, Barreiras, Vamos Ver, Queimadas e São Francisco que se localizam nas áreas lindeiras ao traçado da adutora. A Alternativa 02 (Flores), por sua vez, tem como localidades beneficiadas além de Ipueiras, as comunidades de Jerimó, Baixa Verde, Poção, Jardim, Floresta, Coité, Tintamba, São Roque e Lameiro.

Figura 2.10 (1/1)

CORRESPONDE A FIGURA 2.10 DO RELATÓRIO PRELIMINAR DO EIA

Figura 2.11 (1/1)

CORRESPONDE A FIGURA 2.11 DO RELATÓRIO PRELIMINAR DO EIA

Foi desenvolvido um estudo para o cálculo do diâmetro econômico dos sistemas adutores, tendo as alternativas propostas sido analisadas através da definição do diâmetro da tubulação que apresente o menor custo final, estando aí inclusos além dos investimentos na implantação do projeto, os gastos com operação (energia elétrica) e manutenção. Vale ressaltar que os gastos com energia são relativos apenas ao consumo gerado pelas perdas de cargas ao longo da tubulação, tendo em vista que os dados sobre desníveis geométricos e conseqüentemente da altura manométrica total, ainda, não são bem conhecidos. Mesmo assim o estudo define com razoável precisão o diâmetro adequado para cada alternativa analisada, parâmetro este que aliado à

extensão da adutora é de grande influência no custo final do sistema. Foram simulados quatro diâmetros distintos, estando os resultados da análise apresentados no **Quadro 2.16**.

#### **QUADRO 2.16 – CÁLCULO DO DIÂMETRO ECONÔMICO**

Diâmetro (mm)	Custos (R\$)	
	Alternativa 01 (Cupira)	Alternativa 02 (Flores)
150	3.423.542,78	11.947.988,65
200	1.395.812,77	11.397.206,59
250	1.181.042,51	13.047.979,16
300	1.337.042,51	14.947.979,16

Fonte: FONTE: KL/MABE/ENERCONSULT, Barragem Jatobá Volume I – Estudos de Alternativas e Opções para a Localização dos Eixos Barráveis e Adutoras. Fortaleza, KL/MABE/ENERCONSULT, 2004.

Foi selecionada a Alternativa 01 (Cupira), tendo em vista que na seleção das alternativas de barramento foi descartada a construção do reservatório no Eixo 01 (Flores). Além disso, a Alternativa 01 (Cupira) é a que apresenta menores custos de implantação e operação.

#### **2.8 – PLANOS E PROGRAMAS CO-LOCALIZADOS**

Objetivando verificar a inserção regional do empreendimento ora em análise, foram levantados os programas e projetos governamentais implementados ou projetados na região do empreendimento proposto. Constatou-se que na área de abrangência do empreendimento não existem a priori projetos ou programas governamentais que exerçam influência sobre o mesmo, ou que sejam por este influenciados.

### **3 – DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

#### **3 – DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

##### **3.1 – ÁREA DE ABRANGÊNCIA**

###### **3.1.1 – Área de Influência Direta**

A área de influência direta da Barragem Jatobá engloba a bacia hidráulica do futuro reservatório, com área de 120,59 ha, e sua faixa de proteção periférica, compreendendo parte da zona rural do município de Ipueiras. Abrange, ainda, as áreas

de empréstimos a serem utilizadas durante a implantação das obras, além das áreas do canteiro de obras e dos bota-foras.

### **3.1.2 – Área de Influência Indireta**

A área de influência indireta da Barragem Jatobá é composta pelas áreas que serão influenciadas pela operação do reservatório ou que exercerão influência sobre este, com destaque para:

- A sede do município de Ipueiras que será beneficiada com abastecimento d'água regularizado, atendendo no horizonte do projeto uma população de 25.801 habitantes;
- Áreas periféricas ao reservatório que se beneficiarão com o desenvolvimento da pesca;
- Áreas ribeirinhas de jusante que serão beneficiadas com a perenização de um trecho do riacho Jatobá, o que permite o suprimento hídrico da população ribeirinha de jusante, além da dessedentação animal.

## **3.2 – CARACTERIZAÇÃO DO MEIO ABIÓTICO**

### **3.2.1 – Geologia**

As áreas do sítio do barramento e da bacia hidráulica do futuro reservatório apresentam-se constituídas de forma predominante por rochas Pré-Cambrianas pertencentes a Unidade Canindé do Complexo Ceará. Aparecem, ainda, em escala pouco representativa os depósitos Aluviais do riacho Jatobá e tributários (**Desenho 05/09 no Anexo**).

Ocorrem, ainda, na região no domínio do embasamento cristalino, os migmatitos pertencentes ao Complexo Tamboril-Santa Quitéria, além dos granitóides da serra da Mata e dos ortognaisses facoidais de composição granítica, que ocorrem à sudeste de Ipueiras.

No domínio do embasamento sedimentar observa-se a ocorrência dos arenitos do Grupo Serra Grande associados ao Planalto da Ibiapaba, as coberturas sedimentares de espraiamento aluvial nos tabuleiros que ocorrem a sudoeste da área do estudo, além dos depósitos aluviais do riacho Jatobá e de seus tributários. Apresenta-se a seguir uma breve descrição das litologias presentes na área do empreendimento.

Na Unidade Canindé do Complexo Ceará os litotipos petrográficos são constituídos por gnaisses e migmatitos diversos, encerrando jazimentos subordinados de metacalcários, quartzitos, rochas calcissilicáticas, anfibolitos, metabasitos e metaultrabasitos, além de rochas gabro-dioríticas.

Os depósitos aluviais constatados ao longo do riacho Jatobá são constituídos por sedimentos inconsolidados contendo depósitos de areias finas, siltes e argilas de coloração escura, com matéria orgânica em decomposição. Observa-se no leito dos cursos d'água areias de granulometria fina e média a grossa com presença de pedregulhos e minerais micáceos.

Na área do eixo do barramento observa-se o predomínio de rochas metamórficas gnáissicas e migmatíticas. Os gnaisses apresentam-se compostos por biotita, quartzo e fedspato, com granulação média a fina. Já os migmatitos homogêneos apresentam estruturas nebulíticas, anatexítica e schlieren de granulação média a grossa, enquanto que os migmatitos heterogêneos apresentam estruturas agmáticas, estromáticas, flebíticas, dobradas, oftalmíticas e schollens.

Nas ombreiras, as coberturas de solo sobre as rochas formam um manto de intemperismo não muito espesso, que raramente ultrapassa a profundidade de 1,5m, sendo constituído por uma camada superficial de solos com granulometria areno-argilosa e uma camada inferior, com 0,5 m de espessura, composta por silte arenoso micáceo.

No que se refere aos riscos de ocorrência de pontos de fuga devido à presença de rochas carbonatadas, estes são considerados nulos, não havendo riscos de comprometimento da integridade física do reservatório, nem tão pouco da morfologia da região periférica.

### **3.2.2 – Identificação dos Recursos Minerais**

Quanto à ocorrência de minerais, na área da bacia hidráulica da Barragem Jatobá foi constatado por ocasião da visita de campo apenas a presença de materiais pétreos, terrosos e granulares usados na indústria da Construção Civil, bem como de pegmatitos. Segundo o DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral não há requerimentos de licença junto a este órgão para a exploração de recursos minerais na área da bacia hidráulica da Barragem Jatobá.

### **3.2.3 – Sismicidade Induzida**

Quanto à possibilidade de geração de sismicidade induzida pelo futuro reservatório, de acordo com o Departamento de Geologia da Universidade Federal do

Ceará, num raio de 100 km em torno do eixo barrável há registro de ocorrência de sismos próximo a divisa dos municípios de Ipueiras e Nova Russas, distando cerca de 13,0 km e no município de Santa Quitéria a 65,0 km. Ressalta-se, que os sismos registrados são de baixa magnitude.

Além disso, a Barragem Jatobá encontra-se assente sobre rochas do embasamento cristalino e apresenta baixo peso da coluna d'água, não apresentando, portanto, riscos de indução da ocorrência de sismos.

### **3.2.4 – Geomorfologia**

Os domínios geomorfológicos presentes na região onde será implantada a Barragem Jatobá estão representados pela Depressão Sertaneja, Planalto da Ibiapaba, Maciços Residuais e Planícies Fluviais do riacho Jatobá e tributários.

A Depressão Sertaneja apresenta-se predominante, sendo composta por pedimentos conservados, que formam uma superfície de aplainamento, com extensos e suaves declives. Apresenta relevo plano a suave ondulado.

Os Maciços Residuais estão representados por serras, serrotes e morros formados por rochas gnáissicas e migmatíticas. Formam superfícies dissecadas apresentando feições de colinas e de inselbergs. Apresentam relevo fortemente ondulado.

O Planalto da Ibiapaba forma um ressalto topográfico limitado pela linha de cuestas, onde são observados desníveis de até 600-650 m entre o topo da serra e a superfície aplainada do cristalino. No topo do planalto o relevo apresenta-se plano a suave ondulado.

As planícies fluviais formam estreitas faixas compostas pelas Aluviões que se desenvolvem ao longo dos cursos d'água da região, apresentando maior representatividade ao longo do riacho Jatobá. Estão sujeitas a inundações periódicas, principalmente nas várzeas baixas.

### **3.2.5 – Solos**

Os solos predominantes na área da bacia hidráulica da Barragem Jatobá são os Luvisolos Hipocrômico Órtico Indiscriminados formando associação com os Neossolos Litólicos Eutróficos e com Planossolos Nátricos Sálcos (Associação TPo). Com menor representatividade aparece os solos do tipo Neossolos Flúvicos (RU), vinculados à planície fluvial do riacho Jatobá e tributários (**Desenho 06/09 no Anexo**).

Pode-se afirmar que a maior parte dos solos da área da bacia hidráulica do reservatório apresentam baixos potenciais agrícolas, estando os solos propícios a irrigação restritos aos Neossolos Flúvicos. As principais limitações ao uso agrícola, apresentadas pelos solos aí constatados, são decorrentes da profundidade efetiva baixa a média e presença de pedregosidade/rochosidade superficial no caso dos Luvisolos e dos Neossolos Litólicos, enquanto que os Planossolos apresentam problemas de encharcamento/fendilhamento e elevados teores de sais nos horizontes subsuperficiais. O relevo ondulado predominante na região, também, apresenta-se desfavorável ao desenvolvimento agrícola, uma vez que dificulta a mecanização.

Na bacia de contribuição do futuro reservatório, observa-se a ocorrência da associação de solos Tpo acima mencionada, a qual é composta por Luvisolos, Neossolos Litólicos e Planossolos. Apresenta-se a seguir a descrição dos tipos de solos identificados na região do projeto:

#### Luvisolo Hipocrômico

São medianamente profundos a rasos, de alta fertilidade natural, imperfeitamente drenados e bastante susceptíveis a erosão, apresentando textura média. Caracterizam-se pela presença de pedregosidade na superfície do solo.

Apresentam valores de saturação de bases elevados, argila de atividade alta, reação moderadamente ácida a praticamente neutra, sendo compostos por elevados teores de minerais primários, que são fontes de nutrientes para as plantas. Apresentam como fatores restritivos ao uso agrícola, a soma de bases trocáveis alta, a pedregosidade superficial, a baixa profundidade efetiva, a susceptibilidade à erosão, além da escassez d'água na maior parte do ano.

Presta-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 plantios de subsistência.

#### Neossolos Litólicos

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

Não se presta ao uso agrícola, apresentando fortes limitações relativas a 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 ocorrências de afloramentos rochosos.

Em geral são utilizados no desenvolvimento da pecuária extensiva, requerendo o plantio de pastagens artificiais e a formação de reserva forrageira para o período seco. Observa-se pequenos cultivos de subsistência esparsos na áreas onde a espessura destes solos apresenta-se mais significativa.

#### Planossolos Nátricos Sálícos

São solos moderadamente profundos a rasos, moderadamente ácidos a praticamente neutros, bastante susceptíveis à erosão, imperfeitamente drenados e de baixa permeabilidade, sofrendo encharcamento durante o período chuvoso e fendilhamento na época seca. Apresentam teores elevados de sódio nos horizontes subsuperficiais. Normalmente estão associados aos solos Neossolos Litólicos Eutróficos.

Os fatores limitantes à utilização agrícola são as estruturas colunar ou prismática, soma de bases trocáveis alta, baixa profundidade efetiva, elevada saturação de sódio, susceptibilidade à erosão, excesso de água nos períodos chuvosos e ressecamento nas estações secas, com o horizonte B apresentando condições físicas pouco favoráveis à penetração de raízes. São fortemente limitados pela falta d'água.

Atualmente a exploração destes solos centra-se no extrativismo da carnaúba, além da pecuária extensiva suplementada com pastagens naturais. São aproveitados, também, em pequena escala, com culturas de subsistência (milho e feijão).

Do ponto de vista do potencial para exploração com agricultura irrigada, são solos de muito baixo ou nenhum potencial. O seu aproveitamento preferencial é dirigido para a pecuária com a implantação e intensificação da utilização de novas forrageiras, introdução do sistema de capineiras, bem como o emprego de reservas de forragens para o período seco.

#### Neossolos Flúvicos

São solos profundos a muito profundos, com textura variável, desde arenosa até argilosa. Apresentam drenagem moderada a imperfeita, estando sujeitos a inundações periódicas. Ocupam as planícies fluviais da região, apresentando relevo plano, sendo mais expressivos ao longo do riacho Jatobá.

São solos de potencialidade agrícola elevada, sendo intensivamente cultivados. Suas principais limitações ao uso agrícola são a escassez de recursos hídricos e a drenagem imperfeita no caso específico dos solos argilosos, o que dificulta o uso da mecanização. Requerem o uso de irrigação e drenagem, que devem ser conduzidas de forma racional, com vistas a evitar os riscos de salinização dos solos.

### **3.2.6 – Uso e Ocupação dos Solos**

A caracterização do uso atual dos solos na região onde será implementada a Barragem Jatobá teve como base o levantamento aerofotogramétrico realizado pela Topocart Topografia e Engenharia S/C, em dezembro de 2003, na escala de 1:15.000, complementado com checagem de campo (**Desenho 07/09 no Anexo**).

A região onde será construída a Barragem Jatobá apresenta potencialidade agrícola média, tendo a pecuária como atividade principal. A agricultura desenvolvida apresenta baixos níveis tecnológicos, estando centrada no plantio de culturas de subsistência. Dentre as culturas voltadas para a geração de renda merece destaque o plantio da banana. A pecuária é desenvolvida de forma extensiva, com o rebanho solto em meio a vegetação de caatinga, sendo sua alimentação suplementada com restos de culturas.

Com relação à cobertura vegetal, na área da bacia hidráulica da Barragem Jatobá predomina a caatinga de porte arbóreo, sendo a degradação imposta pelas atividades antrópicas mais significativa ao longo da planície fluvial do riacho Jatobá. Nas áreas de relevo suave ondulado posicionadas ao norte e ao sul do futuro reservatório e na área de entorno da sua bacia hidráulica, a vegetação apresenta porte relativamente denso, sendo os solos aí existentes mais ou menos cultivados. Nas áreas de relevo ondulado posicionadas a leste e a oeste da Barragem Jatobá, a vegetação apresenta porte denso, sendo observados apenas pequenos cultivos de subsistências distribuídos de forma esparsa.

Quanto à situação da mata ciliar do riacho Jatobá, esta se apresenta descontínua, estando substituída em diversos trechos por áreas agrícolas e por capoeiras de caatinga de porte arbustivo. Constata-se, também, na região o desenvolvimento da agricultura de vazantes nas áreas de entorno dos açudes, tendo como principais cultivos, o milho e o feijão.

As atividades extrativas desenvolvidas na área da bacia do riacho Jatobá estão representadas pela extração da lenha, pela produção de carvão vegetal e pela extração do pó de carnaúba. Quanto ao desenvolvimento da irrigação, não foi constatada a presença de perímetros públicos de irrigação, nem tão pouco de áreas com irrigação difusa na bacia de contribuição da Barragem Jatobá.

### 3.2.7 – Clima

O clima predominante no território do município de Ipueiras é quente e estável, de elevadas temperaturas e reduzidas amplitudes térmicas, com acentuada taxa de insolação, forte poder evaporante e regime pluviométrico marcadamente irregular, onde se observa a má distribuição das chuvas no tempo e em área. Segundo a classificação de Köppen, o território da área ora em estudo encontra-se inclusa na zona climática BSw'h' apresentando clima quente e semi-árido, com estação chuvosa atrasada para o outono. Para caracterização do clima da área em estudo, optou-se pela adoção dos dados provenientes da estação hidroclimatológica de Crateús, onde o clima dominante é o BSw'h'. O **Quadro 3.1** apresenta os parâmetros climáticos da região.

O regime pluviométrico da região é caracterizado pela heterogeneidade temporal, verificando-se uma concentração da precipitação no primeiro semestre do ano, e uma variação em anos alternados de seus totais. Geralmente, a estação chuvosa tem início no mês de janeiro e se prolonga até junho. O trimestre mais chuvoso é o de fevereiro/abril, respondendo por 68,1% da precipitação anual. No semestre janeiro/junho este índice é de 88,5%. A precipitação média anual da região é de 826,1mm, sendo que no município de Ipueiras dado a proximidade do Planalto da Ibiapaba este valor chega a atingir 977 mm.

A temperatura média anual oscila de 23,9° C a 29,0° C, apresentando no decorrer do dia valores mínimos entre 6 e 7 horas e máximos entre 14 e 15 horas. A média das temperaturas máximas é de 32,5° C e a média das mínimas atinge 21,0° C.

A umidade relativa do ar apresenta seus maiores valores no trimestre mais úmido, quando ultrapassa 77,0%, podendo alcançar os 78,0%. Já no período de estiagem, as taxas decrescem, atingindo valores em torno de 45,0%. Em termos médios, a umidade relativa do ar é da ordem de 60,2%.

A insolação média anual gira em torno de 2.613,2 horas, o que corresponderia em tese a aproximadamente 60,0% 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.

QUADRO 3.1 (1/1)

A nebulosidade, definida como as décimas partes encobertas do céu, apresenta valores máximos nos meses mais chuvosos chegando a atingir 7,0 décimos no período fevereiro/abril, enquanto que os valores mínimos são verificados no período de estiagem, oscilando em torno de 3,0 décimos.

A evaporação média anual (Piché) é da ordem de 2.904,4 mm, com o período de estiagem (julho/dezembro) respondendo por 70,2% do total anual, apresentando o mês de ápice, taxa média em torno de 13,28 mm/dia. Nos meses chuvosos, essa taxa cai

para 3,21 mm/dia, sendo que o trimestre fevereiro/abril responde por apenas 12,4% da evaporação anual.

O balanço hídrico sazonal, segundo o método de Thornthwaite & Mather, revela que a deficiência hídrica tem início no mês de julho prolongando-se até janeiro. As altas taxas de evaporação potencial explicam a inexistência de excedentes hídricos, bem como os elevados déficits hídricos da região.

### **3.2.8 – Recursos Hídricos Superficiais**

#### **3.2.8.1 – Hidrografia**

Drenando uma área de 14.422,9 km<sup>2</sup>, a Bacia do Acaraú apresenta no seu alto curso fortes declividades como resultado do relevo montanhoso, enquanto que no seu baixo curso, a declividade se reduz bastante, traduzindo a predominância do relevo suave que caracteriza a bacia. Na região de alto curso da bacia, onde será implantada a Barragem Jatobá, esta apresenta ao longo de quase todo o seu perímetro sul um cordão de significativa elevação, principalmente na região sudoeste onde se encontra o Planalto da Ibiapaba, com desníveis da ordem de 600 m. Tal acidente topográfico provoca, inclusive, nesta área da bacia, um elevado nível de precipitações orográficas.

Mesmo com índice de compacidade de 1,85 e fator de forma de 0,15, não indicadores de condições globais favoráveis à formação de picos de cheias são verificadas grandes enchentes no seu baixo e médio cursos. Tal fato decorre da elevada pluviometria verificada nas regiões montanhosas, bem como da configuração da bacia, que apresenta na região de montante uma forte tendência a uma forma circular, portanto causadora de picos de cheias, enquanto que a região de jusante se apresenta estreita e longilínea.

Os principais afluentes encontram-se na margem direita, onde destacam-se os rios Macacos, Groaíras, Jacurutu e Sabonete, os dois primeiros com sub-bacias de grande porte. Pela margem esquerda o afluente de maior destaque é o rio Jaibaras.

O padrão de drenagem desenvolvido pela rede hidrográfica é do tipo dendrítico, com os tributários se unindo ao rio principal em ângulos agudos de graduação variada. É freqüente a presença de confluência em ângulos retos nas áreas onde predominam rochas de resistência uniforme e nas estruturas sedimentares horizontais. Apresenta fluviometria de caráter intermitente, exceto nos trechos perenizados pelos açudes Araras (891,1 hm<sup>3</sup>), Edson Queiroz (248,7 hm<sup>3</sup>), Ayres de Sousa (104,4 hm<sup>3</sup>), Acaraú Mirim (52,0 hm<sup>3</sup>) e Forquilha (50,1 hm<sup>3</sup>), e próximo ao litoral, onde torna-se perene.

O abastecimento d'água público com recursos hídricos provenientes da própria bacia apresenta-se deficiente na região a ser atendida pela Barragem Jatobá, não conseguindo suprir totalmente a demanda nos anos normais de precipitação. Durante as estiagens o percentual de atendimento cai, com a oferta de recursos hídricos atendendo menos de 10,0% da demanda humana urbana concentrada e 91,7 % da demanda humana rural na região onde será implantada a Barragem Jatobá.

Quanto à atividade hidroagrícola, está encontra-se representada na Bacia do Acaraú pelos perímetros irrigados de Araras Norte 1ª Etapa (1.600 ha), no município de Varjota; Jaibaras (615 ha) e Ayres de Sousa (1.158 ha), no município de Sobral; Forquilha (261 ha), no município homônimo e Baixo Acaraú (7.776 ha), nos municípios de Acaraú, Bela Cruz e Marco, todos posicionados nas regiões de médio e baixo curso, fora da área da bacia de contribuição da Barragem Jatobá. A irrigação difusa, por sua vez, encontra-se concentrada nas várzeas do rio Acaraú, principalmente em sua região de baixo curso.

Na Bacia do Acaraú a Barragem Jatobá barrará o riacho homônimo, um dos principais tributários do rio principal, cuja bacia hidrográfica drena até o barramento, na localidade de Cupira, uma área de 41,38 km<sup>2</sup>. O riacho Jatobá percorre ao longo de seu curso um total de 54,00 km, desde suas cabeceiras, na região do Planalto da Ibiapaba até desaguar no açude Araras, no município de Pires Ferreira (**Desenho 08/09 no Anexo**).

O riacho Jatobá apresenta regime intermitente, tendo como principais afluentes os riachos do Tatu e das Ipueiras pela margem direita e o riacho Ipuçaba pela margem esquerda. Apresenta nível de açudagem pouco significativo, contando apenas com um reservatório de médio porte no seu território, o açude Bonito. A Bacia do Jatobá não conta com perímetros irrigados no seu território e também não foi observado o desenvolvimento da irrigação difusa pela iniciativa privada.

### 3.2.8.2 – Fontes de Poluição Hídrica Existentes

O aporte de efluentes de esgotos domésticos e industriais se constitui na principal fonte de poluição hídrica da bacia do riacho Jatobá, que conta com duas sedes municipais posicionadas no seu território (Ipu e Ipueiras).

A bacia de contribuição da Barragem Jatobá, por sua vez, não conta com cidades posicionadas no seu território, sendo, portanto, relativamente reduzidos os

riscos de poluição das águas a serem represadas pelo aporte de efluentes sanitários e industriais.

Quanto aos riscos de poluição das águas represadas por agrotóxicos, não foi constatada a presença de perímetros irrigados na bacia de contribuição da Barragem Jatobá. Além disso, a irrigação difusa é uma prática pouco disseminada nesta região, dado a escassez de recursos hídricos e o baixo potencial agrícola dos solos. Assim sendo, pode-se afirmar que os riscos de poluição das águas represadas na Barragem Jatobá pelo aporte de pesticidas e fertilizantes são praticamente nulos.

### 3.2.8.3 – Qualidade das Águas Superficiais

Os dados do Monitoramento Indicativo do Nível de Salinidade executado pela COGERH, em meados de 2001, em açudes da Bacia do Acaraú revelam que estes reservatórios apresentam água com nível de salinidade baixo (condutividade elétrica de 0,00 a 0,25 miliSiemens, a 25°C) a médio (condutividade elétrica de 0,25 a 0,75 miliSiemens, a 25°C), conforme pode ser visualizado no **Quadro 3.2**. Destes o açude Bonito encontra-se posicionado no território da Bacia do Jatobá e o açude Araras tem o riacho Jatobá como um de seus contribuintes.

**QUADRO 3.2 – NÍVEL DE SALINIDADE DOS AÇUDES DA BACIA DO ACARAU**

Açude	Município	Capacidade de Acumulação (m³)	Cota (m)	Volume (%)	Cloretos (mg/l)	Cond. Elétrica (mS/cm)	Classe Irrigação
Acaraú Mirim	Massapé	52.000.000	115,13	100,00	30,4	0,170	C1
Araras	Varjota	860.900.024	151,62	85,69	22,5	0,210	C1
Arrebita	Forquilha	19.600.000	109,50	56,10	37,3	0,300	C2
Ayres de Sousa	Sobral	104.430.000	95,24	100,00	14,7	0,100	C1
Bonito	Ipu	6.000.000	99,38	16,50	56,9	0,380	C2
Carão	Tamboril	26.229.999	93,22	54,58	117,8	0,670	C2
Edson Queiroz	Santa Quitéria	250.500.000	196,46	61,20	56,9	0,370	C2
Farias de Sousa	Nova Russas	12.229.999	94,47	47,73	13,7	0,220	C1
Forquilha	Forquilha	50.130.001	109,03	51,32	39,2	0,270	C2
São Vicente	Santana do Acaraú	9.840.000	99,05	59,75	97,0	0,430	C2
Sobral	Sobral	4.675.000	99,18	100,00	34,3	0,250	C1

FONTE: COGERH/SEMACE, Monitoramento Indicativo do Nível de Salinidade dos Principais Açudes do Estado do Ceará. Fortaleza, COGERH, 2001 (Boletim Informativo).

Ressalta-se que, foi constatada a presença de solos salinos (Planossolos) nas áreas da bacia hidráulica e da bacia de contribuição da Barragem Jatobá, entretanto como o tempo de detenção da água neste reservatório é de aproximadamente 2,0

anos, os riscos de salinização das águas aí represadas podem ser considerados médios. Assim sendo, é recomendável que esta questão seja levada em conta no manejo da Barragem Jatobá.

### **3.2.9 – Recursos Hídricos Subterrâneos**

A unidade aquífera predominante no território da bacia hidráulica da Barragem Jatobá está representada pelo embasamento cristalino, que se caracteriza por apresentar potencial hidrogeológico fraco, tendo seu coeficiente de armazenamento vinculado às zonas de fraturas. Com menor representatividade aparece o aquífero Aluvial, associado às várzeas dos cursos d'água, cujo potencial hidrogeológico varia de elevado a médio.

A alimentação do aquífero cristalino se dá através da pluviometria, dos cursos d'água e das Aluviões. Quanto à qualidade das águas, estas em geral apresentam potabilidade de passável a medíocre, devido a salinidade excessiva. Apresenta vulnerabilidade a poluição baixa. Já o aquífero Aluvial tem sua alimentação efetuada através da pluviometria e dos cursos d'água. Aparecem como exutórios a evapotranspiração e a rede de drenagem para onde as águas do aquífero drenam durante o período seco. As águas do aquífero Aluvial são geralmente potáveis e com baixo resíduo seco. Apresenta alta vulnerabilidade a poluição.

## **3.3 – CARACTERIZAÇÃO DO MEIO BIÓTICO**

### **3.3.1 – Flora**

A cobertura vegetal da área englobada pela bacia hidráulica da Barragem Jatobá 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 arbórea densa.

Aparecem entre as espécies arbóreas desta comunidade: catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), pau ferro (*Caesalpinia leiostachya*), pau branco (*Auxemma oncocalyx*), angico (*Piptadenia macrocarpa*), croatá (*Bromelia plumieri*), mororó (*Bauhinia cheilanta*), cajazeira (*Spondias mombim*), 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*), pinhão (*Jatropha mollissima*), matapasto (*Cassia sericea*) e velame (*Croton campestris*).

Na área da bacia hidráulica do reservatório a caatinga apresenta-se relativamente preservada nos trechos de encostas. No fundo do vale apresenta-se 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 carnaúba (*Copernicia cerifera*), oiticica (*Licania rigida*), ingá bravo (*Lonchocarpus sericeus*) e juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), além de arbustos e trepadeiras. A mata ciliar do riacho Jatobá apresenta trechos desmatados para dar lugar a plantios agrícolas, bem como trechos onde a vegetação original apresenta-se substituída por capeamentos gramíneo/herbáceos e capoeiras de caatinga de pequeno porte.

A vegetação aquática presente nos açudes da região está representada predominantemente por aguapés (*Eichhornia sp.*), sendo observado nas áreas de entorno destes sistemas lacustres espécies como calumbi (*Mimosa pigra*) e salsa (*Ipomoea asarifolia*). O **Quadro 3.3** apresenta uma listagem das principais espécies da flora da área da bacia hidráulica da Barragem Jatobá.

### **3.3.2 – Fauna**

A cobertura vegetal da região encontra-se relativamente preservada nas áreas de encostas, apresentando-se composta por espécies de porte arbóreo denso, servindo de abrigo à fauna. As degradações impostas à vegetação das áreas de relevo menos movimentado, no entanto vem contribuindo para redução do número de espécies da fauna, fazendo com que esta se apresente pouco diversificada e com baixa densidade de povoamento.

QUADRO 3.3 (1/2)

QUADRO 3.3 (2/2)

Na relação flora-fauna das áreas de relevo suave ondulado posicionadas no entorno do futuro reservatório, é nitidamente evidente que a vegetação contribui para abrigar de forma efetiva apenas pequenos mamíferos, pássaros e répteis. Entre os mamíferos silvestres as espécies consideradas freqüentes nesta área são o preá, o peba, a raposa e o cassaco. As áreas de encostas servem de abrigo para os mamíferos de maior porte, com destaque para os gatos maracajá e mourisco, os quais não foram constatados *in loco*, no entanto os moradores da localidade confirmaram a sua existência na área, embora aleguem que sejam bastante raros. Dentre as espécies

que frequentam áreas antropizadas foram citadas pela população da área, preás, raposas e pebas.

A fauna de répteis encontra-se representada na área por várias espécies de cobras não peçonhentas disseminadas principalmente ao longo do rio Jatobá, com destaque para cobra verde, cobra corre campo e cobra d'água. As cobras peçonhentas são raras, dado o combate sistemático de que são alvos, aparecendo com destaque na região a jararaca e a cascavel. Os lagartos, camaleões, calangos e tijubinas são freqüentes.

Segundo informações prestadas pela população da região a composição da avifauna apresenta-se diversificada, sendo consideradas abundantes espécies como rolinhas, anuns, tetéus, galos de campina, garças carrapateiras e nambus, entre outros.

As espécies de aves que habitam nas caatingas e capoeiras, em geral apresentam um maior nível de resistência a este meio hostil, estando representadas principalmente por columbídeos (rolinhas, juriti, avoante), fringílídeos (galo de campina, bigodeiro), icterídeos (corrupião, papa arroz), tinamídeos (nambus), cracídeos (jacu) e falconídeos (carcará), etc. As áreas de entorno dos açudes são freqüentadas por espécies como galinha d'água, marrecas, lavadeiras, carão, anuns, corrupiões, etc. Nas zonas antropizadas, por sua vez, são comuns as presenças de pardais, tetéus, garças carrapateiras, bem-te-vis, corujas, etc.

Quanto aos insetos, estão presentes na área espécies das ordens Lepdoptera (lagartas e borboletas), Hymenoptera (formigas), Orthoptera (gafanhotos e grilos) e Diptera (muriçoca e mutuca), além de insetos nocivos à saúde como moscas, baratas e ocasionalmente o vetor da dengue. As aranhas apresentam-se abundantes, enquanto que os escorpiões e lacraias raramente são vistos pela população.

A ictiofauna é pouco diversificada, sendo as espécies nativas mais freqüentes a traíra, a curimatã, o piau, a piaba e o cará. A pesca só é praticada no inverno, quando o rio Jatobá apresenta um fluxo d'água. Quanto aos anfíbios, constatou-se a presença de sapos e rã em locais úmidos próximo ao riacho Jatobá e nas áreas de entorno de pequenos reservatórios. O **Quadro 3.4** apresenta uma listagem das principais espécies faunísticas existentes na área do empreendimento.

### **3.3.3 – Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permanente**

A Bacia do Jatobá não conta com unidades de conservação no seu território. A Área de Proteção Ambiental – APA do Ipu, unidade de conservação que se localiza mais próximo da região onde será implanta a Barragem Jatobá, dista mais de 125 km desta barragem. Assim sendo, pode-se afirmar que a Barragem Jatobá não irá interferir com

a área desta unidade de conservação, nem tão pouco irá resultar em pressão antrópica sobre seu território.

Na região da Barragem Jatobá as áreas de preservação permanente estão representadas preponderantemente pela vegetação das faixas de proteção dos cursos e mananciais d'água e das linhas cumeadas das serras e topo de morros, montes e montanhas, além das encostas com declividades superiores a 45° na sua linha de maior aclave.

### 3.4 – CARACTERIZAÇÃO DO MEIO ANTRÓPICO

#### 3.4.1 – Generalidades

Os aspectos sociais e econômicos foram abordados tanto ao nível específico da área de influência direta, quanto ao nível da área de influência indireta, sendo a primeira composta por parte da zona rural do município de Ipueiras.

A área de influência indireta, por sua vez, é composta pelo município de Ipueiras, cuja sede municipal será beneficiada com o reforço no seu abastecimento d'água. Engloba, ainda, as áreas ribeirinhas a jusante do futuro reservatório, abrangendo parte da zona rural do município de Ipueiras, que será beneficiada com a perenização do riacho Jatobá. Integra, também a área de influência indireta as áreas lindeiras ao futuro espelho d'água, que serão beneficiadas com o desenvolvimento da piscicultura.

Para caracterização da área de influência direta foi efetuada uma pesquisa socioeconômica censitária através da aplicação de questionários junto às propriedades atingidas. A pesquisa de campo foi realizada, em meados de outubro de 2004, por equipe do Consórcio KL/MABE/ENERCONSULT.

Os dados relativos à área de influência indireta foram obtidos através do levantamento de dados secundários junto ao IBGE (Censo Demográfico – 2000 e Censo Agropecuário – 1995/96) e ao IPLANCE (Anuário Estatístico do Ceará - 2001).

QUADRO 3.4 (1/3) 68

QUADRO 3.4 (1/2) 69

QUADRO 3.4 (1/3) 70