

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
*Secretaria dos Recursos Hídricos*  
**BARRAGEM GERMINAL E ADUTORA DE PALMÁCIA**  
Município de Palmácia - Ceará

**FASE B: DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO**

**ETAPA B3: Projeto Executivo da Barragem Germinal**

**Tomo 7 – Manual de Operação e Manutenção**

Rev.	Data	Descrição	Por	Ver.
000	JULHO/2011	Apresentação - Edição Preliminar	JM Eng. Cons. Ltda	Tadeu
001	JULHO/2012	Apresentação - Edição Final	JM Eng. Cons. Ltda	Tadeu
002	JULHO/2013	Apresentação - Edição Final (Reformulado Devido aos Novos Estudos Hidrológicos)	JM Eng. Cons. Ltda	Tadeu



## ÍNDICE

APRESENTAÇÃO.....	7
<b>1 INFORMAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>9</b>
1.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	9
1.2 JUSTIFICATIVAS DO EMPREENDIMENTO.....	11
<b>1.2.1 SÓCIO-ECONÔMICAS.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.2 TÉCNICO-LOCAIS.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.3 AMBIENTAIS.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.4 CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM.....</b>	<b>13</b>
1.3 RESPONSABILIDADE DE OPERAR, MANTER E INSPECIONAR A BARRAGEM.	16
1.4 PATROCÍNIO DAS ATIVIDADES DE OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO	16
<b>2 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....</b>	<b>16</b>
2.1 ALTERNATIVAS LOCAIS E TECNOLÓGICAS ESTUDADAS.....	16
2.2 DESCRIÇÃO DAS OBRAS DA BARRAGEM GERMINAL.....	17
<b>2.2.1 CONCEPÇÃO DA OBRA.....</b>	<b>17</b>
2.2.1.1 BARRAGEM.....	17
2.2.1.2 VERTEDOURO.....	19
2.2.1.3 TOMADA D'ÁGUA.....	19
<b>2.2.2 FICHA TÉCNICA.....</b>	<b>20</b>
<b>3 OPERAÇÃO DA BARRAGEM.....</b>	<b>22</b>
3.1 OPERAÇÃO EM REGIME DE CHEIAS.....	22
<b>3.1.1 AFLUÊNCIA E DESCARGAS.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1.2 NÍVEIS.....</b>	<b>23</b>



<b>3.1.3</b>	<b>VOLUME DE ACUMULAÇÃO.....</b>	<b>23</b>
3.2	CONTROLE DE MATERIAIS FLUTUANTES E/OU ENTULHOS.....	24
3.3	CONTROLE DA EUTROFIZAÇÃO.....	25
3.4	OPERAÇÃO DURANTE CHEIAS.....	25
3.5	ASPECTOS OPERACIONAIS RELATIVOS AOS ÓRGÃOS HIDRÁULICOS.....	26
<b>3.5.1</b>	<b>TOMADA D'ÁGUA.....</b>	<b>26</b>
<b>3.5.2</b>	<b>VERTEDOIRO.....</b>	<b>29</b>
3.6	GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS REPRESADOS; ESTABELECIMENTO DE OUTORGAS E TARIFAÇÃO D'ÁGUA.....	31
<b>4</b>	<b>MANUTENÇÃO E MONITORAMENTO.....</b>	<b>34</b>
4.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	34
4.2	PLANO DE MONITORAMENTO DA BARRAGEM.....	34
<b>4.2.1</b>	<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....</b>	<b>34</b>
<b>4.2.2</b>	<b>SELEÇÃO DAS GRANDEZAS A OBSERVAR.....</b>	<b>34</b>
<b>4.2.3</b>	<b>DISPOSITIVOS DE MONITORAMENTO.....</b>	<b>34</b>
<b>4.2.4</b>	<b>FREQÜÊNCIA DE LEITURA.....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.5</b>	<b>INSPEÇÃO VISUAL.....</b>	<b>37</b>
4.3	PLANO DE PRIMEIRO ENCHIMENTO.....	40
<b>4.3.1</b>	<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....</b>	<b>40</b>
<b>4.3.2</b>	<b>GRANDEZAS A OBSERVAR.....</b>	<b>40</b>
<b>4.3.3</b>	<b>INSPEÇÃO VISUAL.....</b>	<b>41</b>
4.4	PLANO DE MANUTENÇÃO.....	42
<b>4.4.1</b>	<b>GRADE.....</b>	<b>43</b>



<b>4.4.2</b>	<b>COMPORTA VAGÃO.....</b>	<b>44</b>
<b>4.4.3</b>	<b>VÁLVULA DISPERSORA E REGISTRO DE GAVETA.....</b>	<b>44</b>
<b>4.5</b>	<b>AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DA OBRA.....</b>	<b>44</b>
<b>4.5.1</b>	<b>CONSIDERAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>44</b>
<b>4.5.2</b>	<b>INSPEÇÃO VISUAL.....</b>	<b>45</b>
<b>4.5.3</b>	<b>MONITORAMENTO.....</b>	<b>46</b>
4.5.3.1	RECOLHA DE DADOS.....	46
4.5.3.2	TRATAMENTO E VALIDAÇÃO DOS DADOS.....	46
4.5.3.3	TRANSMISSÃO.....	47
4.5.3.4	ARQUIVO.....	47
<b>4.5.4</b>	<b>ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA OBRA.....</b>	<b>47</b>
4.5.4.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	47
4.5.4.2	ASPECTOS A CONSIDERAR NA AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO E SEGURANÇA... 48	
<b>4.6</b>	<b>PLANO DE MONITORAMENTO DO RESERVATÓRIO.....</b>	<b>50</b>
<b>4.6.1</b>	<b>PLANO DE MONITORAMENTO DA QUANTIDADE E QUALIDADE DA ÁGUA E DA SEDIMENTAÇÃO.....</b>	<b>50</b>
<b>4.6.2</b>	<b>PLANO DE MONITORAMENTO DO NÍVEL PIEZOMÉTRICO E DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO.....</b>	<b>52</b>
4.6.2.1	MONITORAMENTO DO NÍVEL PIEZOMÉTRICO.....	52
4.6.2.2	MONITORAMENTO DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO.....	52
<b>4.6.3</b>	<b>ADMINISTRAÇÃO DA FAIXA DE PROTEÇÃO DO RESERVATÓRIO.....</b>	<b>53</b>
<b>5</b>	<b>EQUIPE DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO.....</b>	<b>54</b>
<b>6</b>	<b>INSPEÇÃO VISUAL DE ROTINA – FICHA TIPO.....</b>	<b>54</b>

**LUIZ HERNANI DE CARVALHO**

**JM ENGENHEIROS CONSULTORES LTDA |**

Correspondência: | Av. Senador Virgílio Távora, 1701 |  
Tel.: (85) 3244.3744 | Fax: 4833.7777

Sede: Shopping Eusébio Center | Av. Eusébio de Queiroz, 101 | sala 216 | Parnamirim | Eusébio - CE

Escritório: Rondônia | Pará | Maranhão | Piauí | Ceará | Rio Grande do Norte | Paraíba | Pernambuco | Alagoas | Bahia | Minas Gerais



## ÍNDICE DAS FIGURAS

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO NO CONTEXTO ESTADUAL, MUNICIPAL E REGIONAL DA BARRAGEM GERMINAL.....	10
FIGURA 2 - CURVA COTA X ÁREA X VOLUME DA BARRAGEM GERMINAL.....	24
FIGURA 3 - DETALHE DA VÁLVULA DISPERSORA.....	29
FIGURA 4 - curva chave do vertedouro.....	30

## ÍNDICE DAS TABELAS

TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE RISCO – CBDB.....	13
TABELA 2 - CLASSIFICAÇÃO DA CATEGORIA DO BARRAMENTO POR DIMENSÃO – CBDB.....	14
TABELA 3 - MAGNITUDE DA CHEIA DE PROJETO CONFORME NORMA PORTUGUESA.....	15
TABELA 4 - DEFINIÇÃO DA CHEIA DE PROJETO - CBDB.....	15
TABELA 5 - VAZÕES MÁXIMAS (PICO) AFLUENTES E AMORTECIDAS NO RESERVATÓRIO.....	23
TABELA 6 - CURVA CHAVE DO VERTEDOURO.....	30
TABELA 7 - INSTRUMENTAÇÃO – DISPOSITIVOS DE MONITORAMENTO.....	35
TABELA 8 - IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS PIEZÔMETROS HIDRÁULICOS -CASAGRANDE.....	36
TABELA 9 - MEDIÇÃO DE GRANDEZAS - FREQUÊNCIA RECOMENDADA.....	37
TABELA 10 - INSPEÇÃO VISUAL - FREQUÊNCIAS RECOMENDADAS.....	38
TABELA 11 - Classificação e Causas de Falhas.....	49



## APRESENTAÇÃO

Os serviços executados pela empresa JM Engenheiros Consultores Ltda, no âmbito do Contrato nº 10/ SRH/CE/2010, assinado em 30/04/2010 com a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH-CE), tem como objeto a **Elaboração dos Estudos Básicos e Concepção, Eia/Rima, Levantamento Cadastral, Plano de Reassentamento, Detalhamento do Projeto Executivo, Avaliação Econômica e Financeira Referentes a Barragem Germinal e a Adutora de Palmácia, no Estado do Ceará.**

Os estudos desenvolvidos, em atendimento aos Termos de Referência, são constituídos por atividades multidisciplinares que permitem a elaboração de relatórios específicos organizados em Fases, Etapas, Volumes e Tomos. As partes e tomos que compõem o acervo do contrato são os apresentados na sequência:

### FASE A - ESTUDOS DE VIABILIDADE

- ❖ **ETAPA A1** - Relatório de Identificação de Obras - RIO
  - **VOLUME I** - Relatório de Identificação de Obras - RIO
- ❖ **ETAPA A2** - Estudos Básicos e Concepção Geral do Projeto da Barragem Germinal
  - **VOLUME I** - Estudos Básicos
    - *Tomo 1 - Levantamentos Topográficos*
    - *Tomo 2 - Estudos Cartográficos*
    - *Tomo 3 - Estudos Hidrológicos*
    - *Tomo 4 - Estudos Geológicos e Geotécnicos*
  - **VOLUME II** - Concepção Geral do Projeto da Barragem Germinal
    - *Tomo 1 - Relatório de Concepção Geral*
    - *Tomo 1A - Desenhos*

- *Tomo 1B - Memória de Cálculo*
- ❖ **ETAPA A3 - Estudos Básicos e a concepção da Adutora de Palmácia**
  - **VOLUME I - Estudos Básicos**
    - *Tomo 1 - Relatório Geral*
    - *Tomo 2 - Estudos Topográficos*
    - *Tomo 3 - Estudos Geotécnicos*
  - **VOLUME II - Relatório Técnico Preliminar (RTP) da Adutora**
    - *Tomo 1 - Relatório de Concepção Geral*
    - *Tomo 1A - Desenhos*
    - *Tomo 1B - Memória de Cálculo*

## **FASE B - DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO**

- ❖ **ETAPA B1 - Estudos dos Impactos no Meio Ambiente (EIA-RIMA)**
  - **VOLUME I - Relatório do EIA/RIMA da Barragem Germinal e Adutora de Palmácia**
    - *Tomo 1 - Estudos dos Impactos no Meio Ambiente (EIA) da Barragem Germinal e Adutora de Palmácia*
    - *Tomo 2 - Relatório dos Impactos no Meio Ambiente (RIMA) da Barragem Germinal e Adutora de Palmácia*
    - *Tomo 3 - Relatório de Desmatamento Racional da Bacia Hidráulica*
- ❖ **ETAPA B2 - Levantamento Cadastral e Plano de Reassentamento da Barragem Germinal e Adutora de Palmácia**
  - **VOLUME I - Levantamento Cadastral**
    - *Tomo 1 - Relatório Geral*
    - *Tomo 2 - Laudos Individuais de Avaliação*
    - *Tomo 3 - Levantamentos Topográficos*
  - **VOLUME II - Plano de Reassentamento da Barragem Germinal**
    - *Tomo 1 - Diagnóstico*
    - *Tomo 2 - Detalhamento do Projeto de Reassentamento*
    - *Tomo 3 - Relatório Final de Reassentamento*
- ❖ **ETAPA B3 - Projeto Executivo da Barragem**
  - **VOLUME I - Detalhamento do Projeto Executivo da Barragem Germinal**
    - *Tomo 1 - Memorial Descritivo do Projeto*
    - *Tomo 2 - Desenhos*
    - *Tomo 3 - Memória de Cálculo*
    - *Tomo 4 - Especificações Técnicas e Normas de Medições e Pagamentos*
      - ✓ *Tomo 4.1 – Serviços Gerais*
      - ✓ *Tomo 4.2 – Concretos CCV e CCR*
      - ✓ *Tomo 4.3 – Equipamentos Hidromecânicos.*
    - *Tomo 5 - Quantitativos e Orçamentos*
    - *Tomo 6 - Relatório Síntese*



- *Tomo 7 – Manual de Operação e Manutenção;*
- ❖ **ETAPA B4** - Projeto Executivo da Adutora de Palmácia
  - **VOLUME I** - Detalhamento do Projeto Executivo da Adutora
    - *Tomo 1 - Relatório Geral*
    - *Tomo 2 - Memória de Cálculo*
    - *Tomo 3 - Quantitativos e Orçamentos*
    - *Tomo 4 - Especificações Técnicas e Normas de Medições e Pagamentos*
    - *Tomo 5 - Desenhos*
- ❖ **ETAPA B5** - Avaliação Econômica e Financeira do Sistema (Barragem e Adutora)
  - **VOLUME I** - Avaliação Econômica e Financeira do Sistema - Barragem Germinal e Adutora de Palmácia

A documentação ora apresentada compreende Tomo 7 – Manual de Operação e Manutenção, Volume I da Etapa B3: Projeto Executivo da Barragem;

## 1 INFORMAÇÕES GERAIS

A Barragem Germinal possibilitará a criação de um reservatório de cerca de 2.000.000 m<sup>3</sup>, que irá constituir-se na fonte hídrica para o abastecimento d'água da cidade de Palmácia, no estado do Ceará.

### 1.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A barragem germinal barrará o rio Pacoti, à montante da confluência deste com o rio Salgado, no município de Palmácia, Estado do Ceará.

O acesso a sede do município de Palmácia, a partir de Fortaleza, é feito pela rodovia CE-065 passando-se pelo município de Maranguape e pelo distrito de Ladeira Grande, perfazendo um total de 70,00 km, daí segue-se na mesma rodovia em direção ao município de Pacoti e após percorrer cerca de 8,00km chega-se ao local do barramento, conforme mostra a Figura 1.

As coordenadas geográficas e a altitude da sede do município são:

- Latitude: 4°09'01”;
- Longitude: 38°50'47”;
- Altitude: 425,00 m;
- Área da superfície geográfica do município: 117,81 km<sup>2</sup>.

Os municípios limítrofes são:

---

**JM ENGENHEIROS CONSULTORES LTDA | CNPJ Nº. 07.321.709/0001-38**

Correspondência: | Av. Senador Virgílio Távora, 1701 | salas 504 a 508 | Aldeota | Fortaleza - CE | Cep: 60.170-251  
Tel.: (85) 3244.3744 | Fax: (85) 3244.1066 | e-mail: [jmconsultores@netbandalarga.com.br](mailto:jmconsultores@netbandalarga.com.br)

Sede: | Shopping Eusébio Center | Av. Eusébio de Queiroz, 101 | sala 216 | Parnamirim | Eusébio - CE

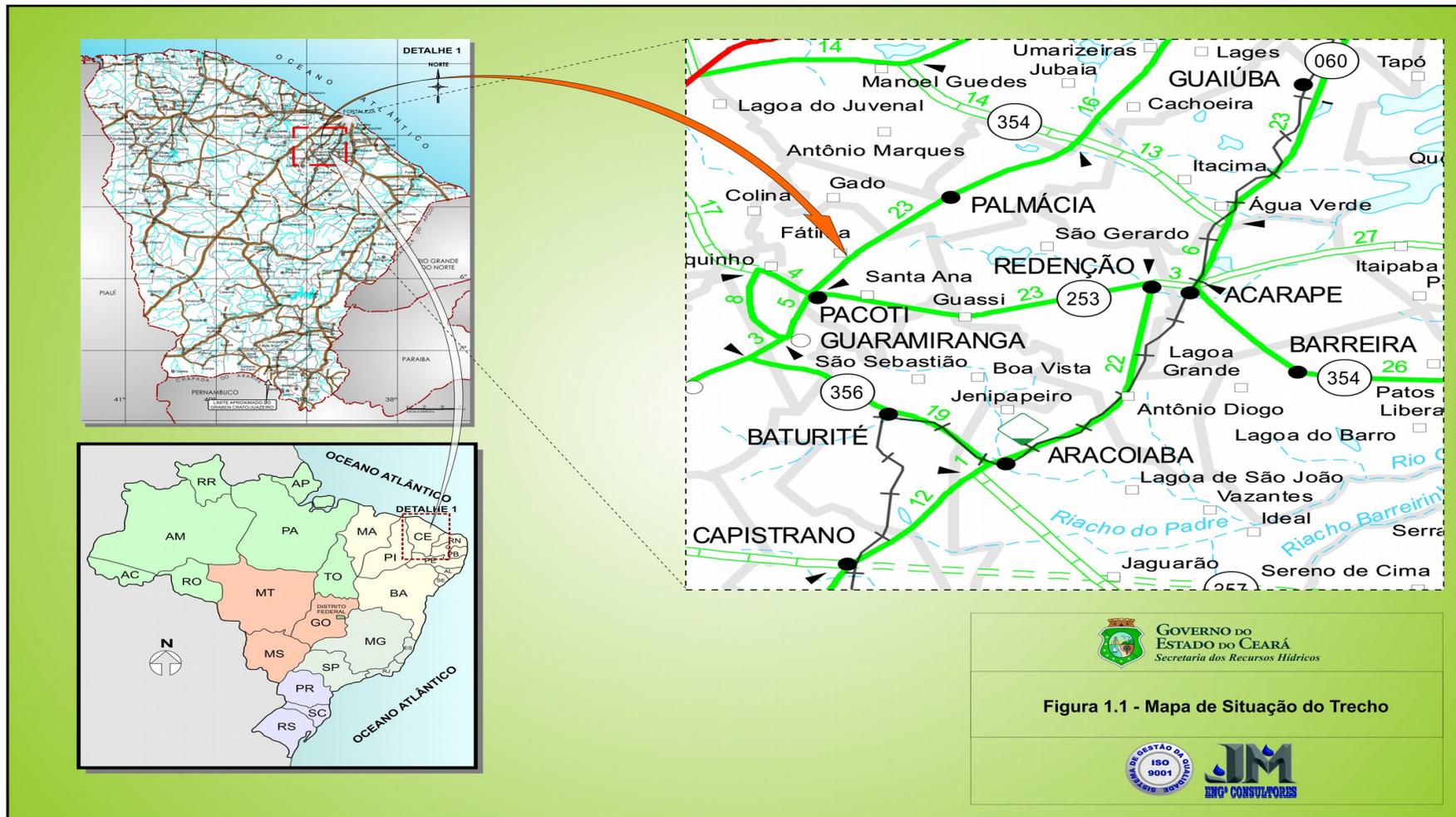
Escritório: | Rondônia | Pará | Maranhão | Piauí | Ceará | Rio Grande do Norte | Paraíba | Pernambuco | Alagoas | Bahia | Minas Gerais



- Ao Norte: município de Maranguape;
- Ao Sul: municípios de Pacoti, Redenção e Guaiúba;
- A Leste: município de Guaiúba e Maranguape;
- A Oeste: município de Caridade.

O local do barramento tem as seguintes coordenadas aproximadas:

- ✓ Coordenadas em UTM:
- Ombreira esquerda (Estaca F+5,0m): E=514.895,70 e N=9.537.777,33;
- Ombreira direita (Estaca 7+5,0m): E=515.012,97 e N=9.537.640,77.



---

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO NO CONTEXTO ESTADUAL, MUNICIPAL E REGIONAL DA BARRAGEM GERMINAL

---

**JM ENGENHEIROS CONSULTORES LTDA | CNPJ Nº. 07.321.709/0001-38**

Correspondência: Av. Senador Virgílio Távora, 1701 | salas 504 a 508 | Aldeota | Fortaleza - CE | Cep: 60.170-251

Tel.: (85) 3244.3744 | Fax: (85) 3244.1066 | e-mail: [jmconsultores@netbandalarga.com.br](mailto:jmconsultores@netbandalarga.com.br)

Sede: Shopping Eusébio Center | Av. Eusébio de Queiroz, 101 | sala 216 | Parnamirim | Eusébio - CE

Escritório: Rondônia | Pará | Maranhão | Piauí | Ceará | Rio Grande do Norte | Paraíba | Pernambuco | Alagoas | Bahia | Minas Gerais



## 1.2 JUSTIFICATIVAS DO EMPREENDIMENTO

Para a implantação de qualquer empreendimento que utiliza recursos públicos, é mister registrar com muita clareza as justificativas que compeliram as autoridades a se empenharem na sua materialização. Em sequência, são apresentadas as justificativas para a construção da Barragem Germinal.

### 1.2.1 SÓCIO-ECONÔMICAS

Devem-se ressaltar os seguintes benefícios do ponto de vista social e econômico que a implantação da barragem trará para a região:

- Disponibilidade de um volume significativo de água acumulada próximo à cidade de Palmácia, o que poderá vir a suprir a demanda populacional em épocas de estiagens ou em decorrência do crescimento da população e da demanda;
- Possibilidade de aproveitamento do futuro reservatório com atividades de lazer, esportes náuticos, recreação, balneários, praias artificiais, etc., incrementando o potencial ecoturístico da região;
- Melhoria das condições de harmonia paisagística e beleza cênica na região, decorrente da presença do reservatório;
- Melhoria das condições de vida da população com a criação de uma estação de piscicultura, gerando empregos diretos e indiretos, disponibilizando a população o produto com baixo custo e qualidade;
- Laminação e minimização dos picos de cheias durante os períodos chuvosos, evitando prejuízos às propriedades situadas a jusante.

### 1.2.2 TÉCNICO-LOCAIS

O local escolhido para a implantação da Barragem Germinal justifica-se técnica e geograficamente pelos seguintes aspectos principais:

1. A exploração econômica da área, conseqüência da implantação da barragem, não implicará interferências com outras, ao contrário, melhora as condições de

vida da população local, visando subsidiar condições de desenvolvimento regional;

2. O local escolhido para a obra apresenta condições favoráveis para a implantação de um reservatório, ou seja, dispõe de uma bacia de contribuição adequada e um regime hídrico propício à regularização;

3. Devido à proximidade em relação à sede municipal de Palmácia e da estrada existente não apresenta problemas de acesso, situando-se junto à malha viária local. Além dessa prerrogativa favorável, o reservatório a ser formado não irá interferir com nenhuma estrutura viária .

4. A barragem dispõe de potencial suficiente para o desenvolvimento turístico, e piscicultura. Poderiam ser exploradas terras no entorno do reservatório ou a jusante. A produção de peixes poderia atender o mercado local e dos estados próximos.

### **1.2.3 AMBIENTAIS**

O projeto da barragem deverá trazer mecanismos que minimizem os impactos, através da educação e monitoramento ambiental.

A interferência antrópica controlada, como é o caso da barragem, onde a proposta básica é propiciar condições altamente favoráveis ao desenvolvimento sócio-econômico da população associadas à exploração racional dos recursos naturais disponíveis, representa a aplicação dos conceitos de desenvolvimento sustentável, nos quais estão inseridos critérios de preservação ambiental dos meios físico, biótico e sócio-econômico.

Dessa forma a barragem objetiva a melhoria da qualidade de vida de uma população carente, hoje exposta a dificuldades diversas. O barramento pode ser considerado um empreendimento que visa a reverter um quadro, justificando-se plenamente sob o ponto de vista de condicionantes ambientais.

#### 1.2.4 CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM

A classificação aqui abordada refere-se as consequências da ruptura da barragem enfocando o risco atrelado a isso e também no que tange as dimensões da obra.

A classificação tem por objetivo estabelecer parâmetros, visando constituir a base para a análise de segurança da barragem e para fixar níveis condizentes com as atividades de operação, manutenção e inspeção.

O Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB), filiado ao ICOLD (International Comitê of Large Dams) apresenta a seguinte classificação quanto ao risco de falha ou colapso.

TABELA 1 - Classificação do Potencial de Risco – CBDB

Categoria	Perdas de Vida	Perdas Econômicas
Baixo	Nenhuma esperada (Não existe nenhuma habilitação humana permanente)	Mínima (Região não desenvolvida e cultivos ocasionais)
Médio	Até 5 (nenhum desenvolvimento urbano e não mais que um pequeno número de estruturas habitáveis)	Apreciável (terras cultivadas, indústrias e estruturas)
Alto	Mais de 5	Excessiva (comunidades, indústrias e agricultura extensa)

No que se refere a vidas humanas, a Barragem Germinal apresenta grau de risco médio. No que tange a perdas econômicas, o risco é mínimo.

Já a Norma Portuguesa para projeto de barragens confirma ambas as classificações, alterando apenas a semântica, que fica:

- Baixo Risco: ausência de perdas humanas e custos materiais reduzidos;

- Risco Significativo: perdas de algumas vidas humanas e perdas materiais relativamente elevadas;
- Risco Elevado: número apreciável de vidas humanas e custos materiais elevados.

Pela classificação portuguesa, a Barragem Germinal se enquadra no patamar intermediário – risco significativo, apesar da ruptura provocar custos materiais de pequena monta.

Quanto à classificação por dimensão, o CBDB apresenta uma versão que não distingue o tipo de maciço e envolve apenas altura e volume do reservatório, como pode ser observado na Tabela 2.

TABELA 2 - Classificação da Categoria do Barramento por Dimensão – CBDB

Categoria	Altura (m)	Volume Armazenado (hm <sup>3</sup> )
Baixo	$5 < h < 15$	$V < 1$
Médio	$15 < h < 30$	$1 < V < 50$
Grande	$h > 30$	$V > 50$

Obs.: Prevalece o critério que resultar a categoria maior

A Barragem Germinal possui uma altura máxima sobre as fundações de 27,45 metros e um volume total de acumulação 2,0hm<sup>3</sup>. Por estes parâmetros a Barragem pode ser considerada como média.

A partir da classificação quanto ao potencial de risco e quanto aos aspectos dimensionais, a Norma Portuguesa e a CBDB chegaram a outro parâmetro de suma importância no projeto e segurança de barragens: a cheia de projeto do vertedouro.

A Norma Portuguesa alia o aspecto risco, o aspecto dimensional e o tipo de maciço para determinar a magnitude da cheia de projeto. O resultado está resumido na Tabela 3.



TABELA 3 - Magnitude da Cheia de Projeto Conforme Norma Portuguesa

Tipo de Maciço		Tempo de Recorrência (anos)	
Concreto	Terra	Risco Elevado	Risco Significativo
$h \geq 100$	$h \geq 50$	10.000 a 5.000	5.000 a 10.000
$50 < h < 100$	$15 < h < 50$	5.000 a 1.000	1.000
$15 < h < 50$	$h < 15$	1.000	1.000
$h < 15$	-----	1.000	500

O critério estabelecido pelo CBDB envolve também o risco e a dimensão da barragem, se configurando um pouco mais abrangente. O CBDB também fala na Cheia Máxima Provável (CMP) e não em tempo de recorrência ou retorno. Entretanto, pode se considerar uma igualdade entre a CMP e um evento com tempo de recorrência de 1.000anos. A Tabela 4 resume o critério do CBDB.

TABELA 4 - Definição da Cheia de Projeto - CBDB

Risco	Dimensão	Magnitude da Cheia de Projeto
Pequeno	P	100 anos
	M	100 anos a 1/2 CMP (10.000)
	G	1/2 CMP (10.000) a 1 CMP (10.000)
Médio	P	100 anos a 1/2 CMP (10.000)
	M	1/2 CMP (10.000) a 1 CMP (10.000)
	G	1 CMP (10.000)
Grande	P	1/2 CMP (10.000) a 1 CMP (10.000)

Risco	Dimensão	Magnitude da Cheia de Projeto
	M	1 CMP (10.000)
	G	1 CMP (10.000)

Obs.: Quando se menciona 1/2 CMP, quer se dizer metade do valor. Se fosse 10.000, não significaria uma vazão de 5.000 e sim a metade da  $Q_{10.000}$ .

### 1.3 RESPONSABILIDADE DE OPERAR, MANTER E INSPECIONAR A BARRAGEM

Evidentemente, a responsabilidade por estas atividades recai sobre a Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará..

A sistemática a ser adotada para a execução desta tarefa será a contratação de Empresa da iniciativa privada através de licitação pública.

Na montagem do processo licitatório deverá ser exigido que as empresas concorrentes tenham experiência em serviços similares, de forma a manter um padrão de qualidade no desenvolvimento dessas atividades.

Em atividades pontuais que envolvem a participação de profissionais de notória qualificação, a Contratante deverá fazer contratação específica.

### 1.4 PATROCÍNIO DAS ATIVIDADES DE OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO

Para garantir a execução dos serviços acima é muito importante estabelecer a fonte dos recursos que irão ser utilizados para o seu custeio.

Com certeza, o patrocínio será oriundo da receita do Governo relativa a venda de água e energia elétrica para o consumo humano, atividade com capacidade de auferir recursos financeiros.

## 2 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Aborda-se em continuação alguns aspectos relacionados com o Projeto Executivo da Barragem Germinal, etapa já vencida no caminho que levará a implantação desta obra.

### 2.1 ALTERNATIVAS LOCAIS E TECNOLÓGICAS ESTUDADAS

Quanto à macrolocalização do empreendimento, pode-se dizer que foram, onde estudou-se uma série de alternativas para implantação de obras de barramento.

Devido à premente necessidade de início da implantação das obras, a escolha da alternativa, justifica-se pelos seguintes motivos principais, muitos dos quais já anteriormente mencionados:

- ambientais: inundação de área menos nobre em termos de ocupação. Quanto ao meio biótico, às dimensões do reservatório não tornam muito difíceis as medidas de prevenção e/ou compensação ambiental;
- acessos: devido à proximidade em relação à sede municipal de Palmácia, a barragem não apresenta problemas de acesso, situando-se junto à malha viária local. Além dessa prerrogativa favorável, o reservatório a ser formado não irá interferir com nenhuma estrutura viária importante;
- abastecimento de água de Palmácia: A sua proximidade da cidade de Palmácia tornaria as obras de adução menos onerosas;
- lazer e turismo: as condições topográficas dariam ao reservatório paisagens muito interessantes, que de certa forma poderiam ser exploradas para a implementação do lazer e do ecoturismo;
- custo das obras: considerando a barragem e outros investimentos complementares, entre eles o abastecimento de água de Palmácia, a barragem será composto por conjunto de obras não tão onerosas.

No contexto macro, portanto, a escolha do tipo de barramento (CCR) apresenta vantagens substanciais, considerando especialmente os aspectos ambientais

acima relacionados e as condições economicamente otimizadas de implantação da barragem e dos empreendimentos correlatos.

## 2.2 DESCRIÇÃO DAS OBRAS DA BARRAGEM GERMINAL

### 2.2.1 CONCEPÇÃO DA OBRA

#### 2.2.1.1 BARRAGEM

A Barragem Germinal localizada entre as estacas F+5,00m (ombreira esquerda) e 7+5,00m (ombreira direita), foi projetada do tipo gravidade em Concreto Compactado a Rolo (CCR), com altura máxima de 34,00m a partir da fundação e 28,45m a partir do terreno natural, com trechos insubmersíveis, apresentando paramento de montante vertical com mísula de talude 1(H) e 1(V), com uma geratriz a jusante de 0,80:1,0 (H:V), escalonada em espelhos de 60 cm, correspondendo a 2 (duas) camadas de CCR, de 30 cm, compactadas.

A Barragem Germinal tem uma extensão 100m (exceto sangradouro), tendo seu o coroamento na cota 358,00m e a soleira na cota 354,00m. A cota máxima de sangria é a 357,60, ou seja, lâmina máxima de sangria igual a 3,60m. A folga da barragem é de 0,40m.

No projeto, foi adotada uma largura de 6,00m para o coroamento da barragem, para torná-la homogênea em toda a sua extensão.

O talude de montante da barragem foi adotado em vertical. O talude de jusante da barragem segue a diretriz com declividade 0,80(H): 1,0(V), sendo escalonado em degraus de 0,60m de espelho, correspondendo a duas camadas de 0,30m, com patamares de 0,48m.

Para o alívio de possíveis subpressões e inspeção do maciço, o sistema de drenagem interna da barragem será constituído por uma galeria com um sistema de furos a partir de seu piso e com objetivo de inspecionar do maciço.

A galeria percorrerá longitudinalmente a barragem desde a estaca 1+5,00m até a estaca 5+15,00m. A cota do piso da galeria é igual a 331,00m, foi determinada em função do perfil topográfico.

Nos trechos das ombreiras, entre as cotas 346,00m até a cota 338,00m, a drenagem será feita através de uma caixa de brita contínua, direcionando as águas colhidas para a calha da galeria. Na ombreira esquerda, a caixa de brita começa na estaca 0+10,00m e se estende até a galeria, à estaca 1+5,00m. Na ombreira direita a caixa de brita percorre a barragem da estaca 5+15,00m até a estaca 6+10,00m.

A galeria contará com dois acessos, nas estacas 5+15,00m e 1+5,00m, para inspeção do maciço e encaminhamento das águas drenadas para o leito do rio.

#### 2.2.1.2 VERTEDOURO

O vertedouro da Barragem Germinal será do tipo Creager, e esta localizada entre as estacas 1+10m e 5+10m (trecho central da Barragem), e foi dimensionado um perfil, cujo paramento de montante e crista vertente, estão projetadas segundo recomendações do U.S.B.R.

A largura do sangradouro é de 80,00 m e sua vazão máxima de sangria igual a  $1.137,40\text{m}^3/\text{s}$  ( $\text{tr}=10.000$  anos) o que equivale a uma lâmina de sangria igual a 3,60m.

O talude de jusante foi projetado em degraus, seguindo a geratriz calculada pelas recomendações do Bureau. No tomo 3 da Etapa B3 são apresentados os dimensionamentos desses degraus.

Foi projetada uma bacia de dissipação do tipo “piscina”, estudada em laboratório por Forster e Skrinde, utilizada na barragem de Monksville, nos EUA. e de Upper Stillwater, do US. Bureau of Reclamation, além de barragens projetadas e construídas no Nordeste brasileiro. A bacia de dissipação da Barragem germinal



tem 12,00 de comprimento. No tomo 3 da Etapa B3 esta apresentado o dimensionamento completo da bacia de dissipação .

### 2.2.1.3 TOMADA D'ÁGUA

O dimensionamento da tomada d'água da Barragem Germinal teve como parâmetro principal a vazão a ser regularizada (0,368m<sup>3</sup>/s) calculada nos estudos hidrológicos apresentado, tomando-se o período mais crítico, ou seja, o reservatório com a sua cota mínima de água, para os prolongados períodos de estio.

A tomada d'água para a Barragem Germinal está situada na ombreira esquerda, na estaca 1+8,00m no eixo da barragem, composta por uma tubulação de 600mm de diâmetro perpendicular ao eixo do maciço. A tubulação terá um comprimento aproximado de cerca de 36,50m.

Sua localização foi determinada em função das características locais de topografia e geotecnia. Sua implantação se dará assente sobre uma base de concreto de regularização.

A tubulação possui, na entrada, uma grade de proteção, seguida mais para jusante de uma comporta acionada por meio de dispositivo hidromecânico.

O controle das vazões é feito através de uma válvula do tipo Howell-Bunger de diâmetro igual a 600mm, colocada na extremidade de jusante, a fim de permitir uma descarga dissipada na área a jusante do maciço da barragem. Uma casa de comando abrigará o dispositivo de acionamento da válvula.

### 2.2.2 FICHA TÉCNICA

- **Características Gerais**
  - Nome do Proprietário SRH-CE (Secretaria de Recursos Hídricos)
  - Nome do Autor do Projeto JM Engenheiros e Consultores Ltda.
  - Data do Projeto: Junho/2013
  - Nome do Açude Barragem Germinal
  - Município Palmácia

- Estado Ceará
- Rio Barrado Rio Pacoti
- Área da Bacia Hidrográfica 94,00km<sup>2</sup>
- Área da Bacia Hidráulica (cota 354,00).....≅ 24.445ha
- Capacidade de Acumulação (cota 354,00).....≅ 2.014.427,22m<sup>3</sup>
- Precipitação Média Anual 1.674,20mm
- Evaporação Média Anual 654,70mm
- Volume Afluyente Médio Anual.....50.921.000,00m<sup>3</sup>
- Vazão Máxima de Projeto Amortecida (1.000 anos).....846,90m<sup>3</sup>/s
- Vazão Máxima de Projeto Amortecida (10.000 anos).....1.137,40m<sup>3</sup>/s
- Nível d'água máximo normal (1.000 anos).....2,90m
- Nível d'água máximo normal (10.000 anos).....3,60m
- Volume de concreto do maciço (CCR e CCV).....≅ 55.840,00m<sup>3</sup>
- Volume de escavação da fundação.....≅ 104.630,00m<sup>3</sup>
- Largura máxima da base do maciço c/ bacia de dissipação.....47,00m
- Valor da Obras ≅ R\$ 16 milhões
- **Características da Barragem**
  - Tipo CCR
  - Cota do Coroamento 358,00
  - Largura do Coroamento 6,00m
  - Folga 0,40m
  - Altura Máxima a partir do T.N.....28,45m
  - Extensão pelo Coroamento (exceto sangradouro).....100,00m
  - Extensão pelo Coroamento (inclusive sangradouro).....180,00m
  - Localização
    - Ombreira Esquerda: entre as estacas F + 5,00m e 1 + 10,0m (65,00m)
    - Ombreira Direita: entre as estacas 5 + 10,0m e 7 + 5,0m (35,00m)
  - Talude de montante: Vertical c/ mísula a partir da cota 334,00
  - Talude de jusante: em degraus com geratriz 0,8(H) : 1(V)
- **Características do Sangradouro**
  - Tipo Perfil Creager
  - Localização Entre as Estacas 1 + 10,0m e 5 + 10,0m

- Largura 80m
- Descarga de Projeto (Efluente Decamilenar).....1.137,40 m<sup>3</sup>/s
- Nível Normal (cota de acumulação).....354,00
- Lâmina de Sangria 3,60m
- Nível Máximo Maximorum do Reservatório a Montante.....357,60
- Cota da Crista do Sangradouro.....354,00
- **Características da Bacia de Dissipação**
  - Tipo Piscina
  - Localização Entre as Estacas 1 + 10,0m e 5 + 10,0m
  - Largura 80,00m
  - Cota da laje superior 330,00
  - Comprimento 12,00m
- **Características da Tomada D'Água**
  - Tipo Galeria Direta
  - Localização Estaca 1 + 8,00m
  - Comprimento da tubulação  $\cong$  36,50m
  - Descarga Regularizada (90% de garantia).....0,368m<sup>3</sup>/s
  - Diâmetro da Tubulação 600mm
  - Diâmetro da Válvula Dispersora.....600mm
  - Diâmetro do Tubo de Aeração.....150mm
  - Cota da boca de montante 335,00
  - Cota da boca de jusante 335,00

### 3 OPERAÇÃO DA BARRAGEM

Estruturas hidráulicas geralmente se constituem em obras pesadas, principalmente barragens. Normalmente as condições operacionais se apresentam, sob as mais variadas situações, estipuladas pela interação entre fundação, exposição ao ar e meio aquático, temperatura e radiação solar, ação de ondas, entre outros.

De acordo com o potencial para falhas, são estabelecidos os requisitos operacionais de segurança da barragem, além dos procedimentos usuais.



### 3.1 OPERAÇÃO EM REGIME DE CHEIAS

Inicialmente deve-se fazer menção a concepção adotada para o barramento no que tange a descarga de cheias. Quanto a esse aspecto, foi projetado vertedouro em perfil Creager sem controle, ou seja, sem comportas para operar os níveis do reservatório. Desta forma, os procedimentos operacionais para a passagem de cheias tornam-se muito mais simples.

#### 3.1.1 AFLUÊNCIA E DESCARGAS

Cabe abordar a respeito das grandezas que permitem o entendimento do regime hidrológico regional de cheias, que por sua vez acaba afetando o reservatório da Barragem Germinal. Neste sentido, apresenta-se a seguir as vazões máximas afluentes, bem como das vazões máximas amortecidas pelo reservatório.

TABELA 5 - Vazões Máximas (Pico) Afluentes e Amortecidas no Reservatório

Período de Retorno (anos)	Vazão de pico afluente (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Vazão máxima no vertedouro (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )
100	231,38	229,64
500	336,52	313,19
1.000	382,09	378,00
10.000	542,11	535,00

#### 3.1.2 NÍVEIS

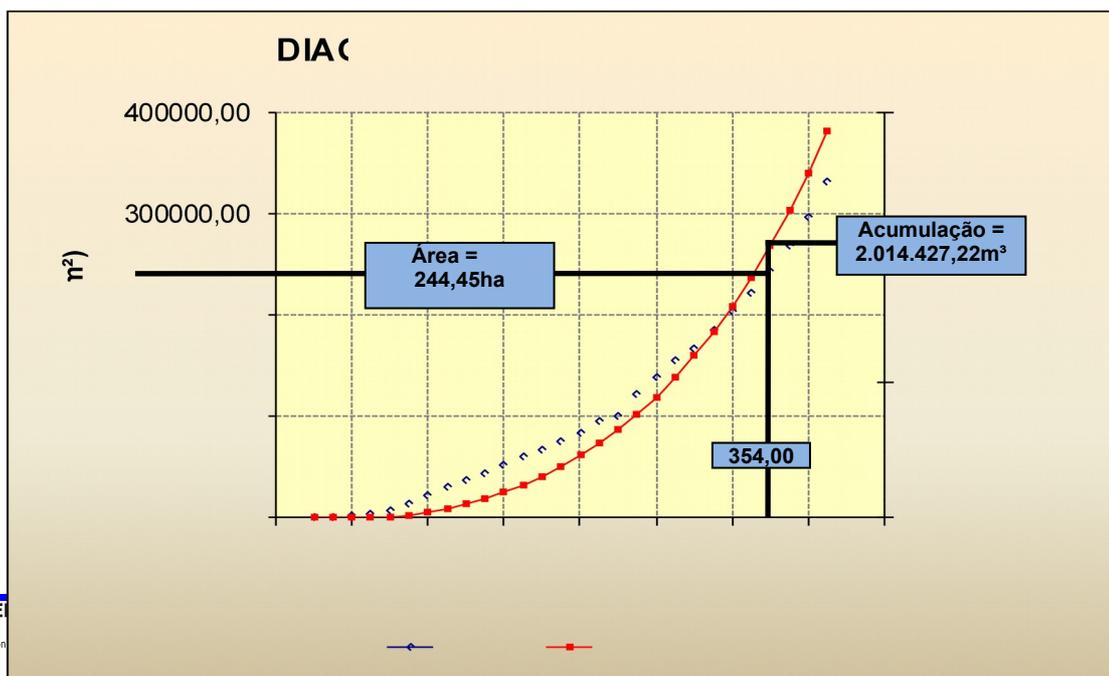
Os níveis atingidos no reservatório através da simulação de enchentes de 100, 500, 1.000 e 10.000 anos de ocorrência estão registrados a seguir:



- Nível Normal (CSV): .....354,00 m
- Nível da Cheia de 100 anos de Recorrência: .....355,65 m
- Nível da Cheia de 500 anos de Recorrência: .....356,10 m
- Nível da Cheia de 1.000 anos de Recorrência: .....356,30m
- Nível da Cheia de 10.000 anos de Recorrência: .....356,89 m

**3.1.3 VOLUME DE ACUMULAÇÃO**

O reservatório formado pela Barragem Germinal dispõe da seguinte capacidade de armazenamento (Figura 2):



Cota (m)	329,55	340	345	350	354 (Soleira)	357
Vol (m <sup>3</sup> )	0	188.588,93	550.231,12	1.198.072,23	<b>2.014.427,22</b>	2.869.274,91

FIGURA 2 - CURVA COTA X ÁREA X VOLUME DA BARRAGEM GERMINAL

### 3.2 CONTROLE DE MATERIAIS FLUTUANTES E/OU ENTULHOS

Como o reservatório é de pequenas proporções, esta atividade designada para a operação se torna mais simples.

O procedimento para tal tarefa consistirá na instalação de cabo disposto transversalmente ao reservatório, protegendo especialmente as tomadas d' água e o vertedouro. Ao cabo deverão ser fixados dispositivos flutuantes (bóias ou até mesmo tonéis). O número de bóias e tonéis deverá ser o suficiente para manter o conjunto sobre a superfície da água. Esse conjunto irá conter a aproximação de entulhos das estruturas das tomadas e descarregador de cheias.

A coleta do material retido deverá ser realizada mediante emprego de barcos munidos de varas com ganchos nas pontas.

### 3.3 CONTROLE DA EUTROFIZAÇÃO

Para o controle da eutrofização, algumas linhas de ações específicas deverão ser adotadas. Basicamente, sugere-se dois segmentos que abrangem atividades que protegerão o reservatório contra a eutrofização.

Primeiramente, serão planejadas campanhas periódicas de coleta e ensaios relativo a qualidade da água no reservatório. Tal planejamento deverá ser detalhado no Projeto Ambiental relativo a esse tema. Observa-se a importância da realização destes ensaios, uma vez que a barragem está localizada próxima a cidade de Palmácia e servirá de abastecimento a esta. Estes ensaios serão úteis para manutenção do controle sanitário do reservatório.

Por último, é recomendável criar um plano de utilização do solo nas áreas no entorno do reservatório. Tal ação também deverá ser desenvolvida no detalhamento dos Projetos Ambientais.

### 3.4 OPERAÇÃO DURANTE CHEIAS

A operação do reservatório durante a ocorrência de cheias deverá ser baseada na observação sistemática de réguas instaladas em locais de fácil acesso para leitura de níveis. Recomenda-se a instalação de réguas no reservatório, junto ao vertedouro e na tomada d'água.

Também será necessária e importante a instalação de réguas a jusante para avaliar as repercussões dos níveis de cheias abaixo da barragem.

Além das réguas, é importante a ligação com estações hidrometeorológicas nas proximidades, tendo por objetivo até a previsão/prognóstico de eventos excepcionais.

Observa-se também que seria importante a instalação de pluviômetro junto à barragem. A leitura das quantidades precipitadas pode ser importante para realizar projeções/previsões de cheias.

Outras informações para uma operação adequada durante períodos de cheias é o conhecimento das épocas do ano relativas à ocorrência dos eventos e duração dos mesmos.

Esta atividade operacional se complementa com a operação da barragem em situações emergenciais.

### 3.5 ASPECTOS OPERACIONAIS RELATIVOS AOS ÓRGÃOS HIDRÁULICOS

Os órgãos hidráulicos da barragem correspondem à tomada d'água, que controlará a vazão efluente à jusante da barragem, e ao vertedouro, responsável pela descarga dos volumes excedentes à capacidade de acumulação do reservatório.

### **3.5.1 TOMADA D'ÁGUA**

Na estrutura de tomada d'água está prevista a implantação dos seguintes elementos de controle/proteção: Grade, Comporta, Registro de Gaveta e Válvula Dispersora.

Os manuais contendo os procedimentos detalhados de operação a serem seguidos para os todos os equipamentos eletromecânicos e hidromecânicos, deverão constar no escopo do fornecimento dos mesmos, ou seja, deverão ser fornecidos pelo fabricante dos equipamentos adquiridos. No tomo 2 desta Etapa B3 contém os desenhos da seção longitudinal da tomada d'água com cortes, mostrando a disposição dos equipamentos hidromecânicos.

A seguir apresenta-se os principais aspectos a serem observados em relação à operação dos equipamentos hidromecânicos da tomada d'água.

#### **1) Grade:**

A Grade será montada imediatamente a montante da entrada da tomada d'água. Terá a função de impedir que corpos estranhos de maiores dimensões adentrem ao circuito hidráulico da tomada, causando entupimentos e/ou danos na galeria e nos equipamentos de controle a jusante.

A instalação e retirada para inspeção e manutenção da grade, será efetuada a partir da casa de comando da tomada d'água no coroamento, de onde a grade será descida suavemente deslizando através das guias em aço chumbadas ao concreto da tomada. Durante esse processo a grade ficará suspensa por uma haste de aço rígida e articulada, a qual se será acoplada ao equipamento guincho hidráulico que efetuará o içamento ou abaixamento da mesma.

Após instalada a grade ficará encaixada nas guias laterais e apoiada na soleira que será chumbada ao concreto na boca de entrada da galeria e estará pronta para operação.

O procedimento de retirada da grade é análogo ao da instalação.

Cabe ressaltar que durante os procedimentos de içamento ou abaixamento da grade o fluxo de água na tomada d'água deverá ser interrompido, pela comporta vagão ou pela válvula dissipadora a jusante, a fim de evitar tensões não previstas na estrutura e equipamentos de içamento/abaixamento.

## **2) Comporta Vagão:**

A Comporta Vagão será implantada na casa de comando da tomada d'água imediatamente após a grade, com a função de interromper o fluxo na tomada d'água a montante da galeria. Desta forma a comporta permitirá a manutenção dos equipamentos da estrutura de jusante da tomada d'água, bem como o acesso à tubulação da galeria para eventual inspeção e/ou manutenção.

A instalação da Comporta Vagão será efetuada pela casa de comando da tomada d'água localizada no coroamento, de onde a comporta será descida suavemente deslizando através das guias em aço chumbadas ao concreto dos pilares de sustentação do tubo de aeração, suspensa por uma haste rígida e articulada a qual se encontra conectada ao guincho hidráulico para o içamento.

O acionamento da comporta será feito lentamente através da haste de içamento/abaixamento utilizando o guincho hidráulico localizado na casa de comando situada no coroamento da barragem. A comporta deverá fechar sempre, sem que seja necessária força descendente proveniente do sistema de acionamento.

As especificações apresentadas no projeto exigem que a comporta fornecida e instalada seja capaz de operar (efetuar a interrupção do fluxo na tomada d'água) nas condições extremas de fluxo na tomada d'água, que correspondem ao reservatório na cota máxima e válvula da estrutura de jusante da tomada totalmente aberta. Entretanto, sempre que possível, a comporta deverá ser acionada após o fechamento completo da válvula da estrutura de jusante, a fim de evitar a ação de esforços hidrodinâmicos excessivos sobre a comporta.

## **3) Válvula Dispersora:**

Será instalada uma válvula dispersora na estrutura de jusante da tomada d'água, com a função de controlar a vazão efluyente ao barramento e dissipar a energia do escoamento dessa descarga, de forma a que o fluxo não comprometa a estabilidade do canal de restituição, do leito do rio a jusante nem da própria barragem.

O acionamento das válvulas será efetuado mecanicamente, devendo ser prevista a possibilidade de acionamento remoto a partir da sede da Gestora de Recursos Hídricos.

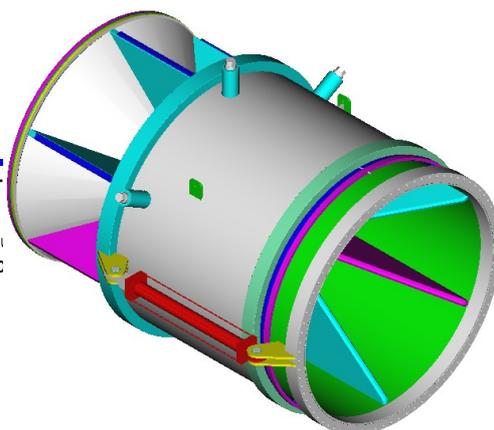
Caso haja restrição à abertura total da válvula em função de níveis elevados da cota d'água, providências devem ser tomadas pelo fabricante no sentido de evitar manobras impróprias:

Instalar pressostatos à montante da válvula e lâmpadas de sinalização no quadro de comando e condições de travamento, indicando e impedindo que a partir daquele nível d'água na barragem, a válvula não poderá ser totalmente aberta;

Instalar na válvula plaqueta indicativa visível para quem for operá-las manualmente, alertando para o fato de haver limitação de abertura e necessidade de consulta ao manual de operação do equipamento.

A relação entre a carga hidráulica, a abertura da válvula e a vazão efluyente definem a forma de operação da mesma. O fabricante da válvula dispersora deverá fornecer a curva da válvula, que relaciona as três grandezas citadas, calibrada para as condições de funcionamento específicas do projeto, isto é, considerando as perdas hidráulicas nos equipamentos e estruturas localizadas a montante.

A Figura 3 a seguir apresenta o detalhe da válvula dispersora.



## FIGURA 3 - DETALHE DA VÁLVULA DISPERSORA

### 3.5.2 VERTEDOURO

O vertedouro projetado para a Barragem Germinal não será equipado com comportas ou qualquer outro equipamento hidromecânico de controle do vertimento, conseqüentemente seu acionamento não necessita da intervenção de um operador; uma vez estabelecidas as condições hidráulicas de vertimento (cota do nível d'água armazenada maior que 354m) o vertedouro passará automaticamente a dar trânsito às vazões de cheia. No Tomo 2 desta Etapa B3 está apresentada a localização e os detalhes do vertedouro.

A vazão descarregada pelo vertedouro é função do nível de armazenamento do reservatório e da geometria do mesmo.

A Figura 4 apresenta a curva chave do vertedouro que relaciona a vazão vertida com a cota a montante, calculada de acordo com as recomendações da publicação Design of Small Dams, United States Department of Interior / Bureau of Reclamation (USBR).

TABELA 6 - Curva Chave do Vertedouro

Cota da Soleira (m)	Largura do Vertedouro (m)	Altura do Vert. (P) (m)	Coef. de Descarga (Co)	Q (m <sup>3</sup> /s)	q=Q/L (m <sup>2</sup> /s)	Ho=(q/C) <sup>2/3</sup>	Va=q/(P+Ho-ha) (m/s)	ha = Va <sup>2</sup> /2g (m)	ha (m)	Cota NA= Cota Soleira+ Ho-ha (m)
354,00	50,00	24,45	2,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	354,00
354,00	50,00	24,45	2,18	50,00	1,00	0,59	0,04	0,0001	0,0001	354,59
354,00	50,00	24,45	2,18	100,00	2,00	0,94	0,08	0,0003	0,0003	354,94
354,00	50,00	24,45	2,18	150,00	3,00	1,24	0,12	0,0007	0,0007	355,24
354,00	50,00	24,45	2,18	200,00	4,00	1,50	0,15	0,0012	0,0012	355,50
<b>354,00</b>	<b>50,00</b>	<b>24,45</b>	<b>2,18</b>	<b>229,64</b>	<b>4,59</b>	<b>1,64</b>	<b>0,18</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>	<b>355,65</b>
354,00	50,00	24,45	2,18	250,00	5,00	1,74	0,19	0,0019	0,0019	355,74
354,00	50,00	24,45	2,18	300,00	6,00	1,96	0,23	0,0026	0,0026	355,96
354,00	50,00	24,45	2,18	350,00	7,00	2,18	0,26	0,0035	0,0035	356,17
<b>354,00</b>	<b>50,00</b>	<b>24,45</b>	<b>2,18</b>	<b>378,00</b>	<b>7,56</b>	<b>2,29</b>	<b>0,28</b>	<b>0,0041</b>	<b>0,0041</b>	<b>356,30</b>
354,00	50,00	24,45	2,18	400,00	8,00	2,38	0,30	0,0045	0,0045	356,37
354,00	50,00	24,45	2,18	450,00	9,00	2,57	0,33	0,0057	0,0057	356,57
354,00	50,00	24,45	2,18	500,00	10,00	2,76	0,37	0,0069	0,0069	356,75
<b>354,00</b>	<b>50,00</b>	<b>24,45</b>	<b>2,18</b>	<b>535,00</b>	<b>10,70</b>	<b>2,89</b>	<b>0,39</b>	<b>0,0078</b>	<b>0,0078</b>	<b>356,90</b>
354,00	50,00	24,45	2,18	550,00	11,00	2,94	0,40	0,0082	0,0082	356,93

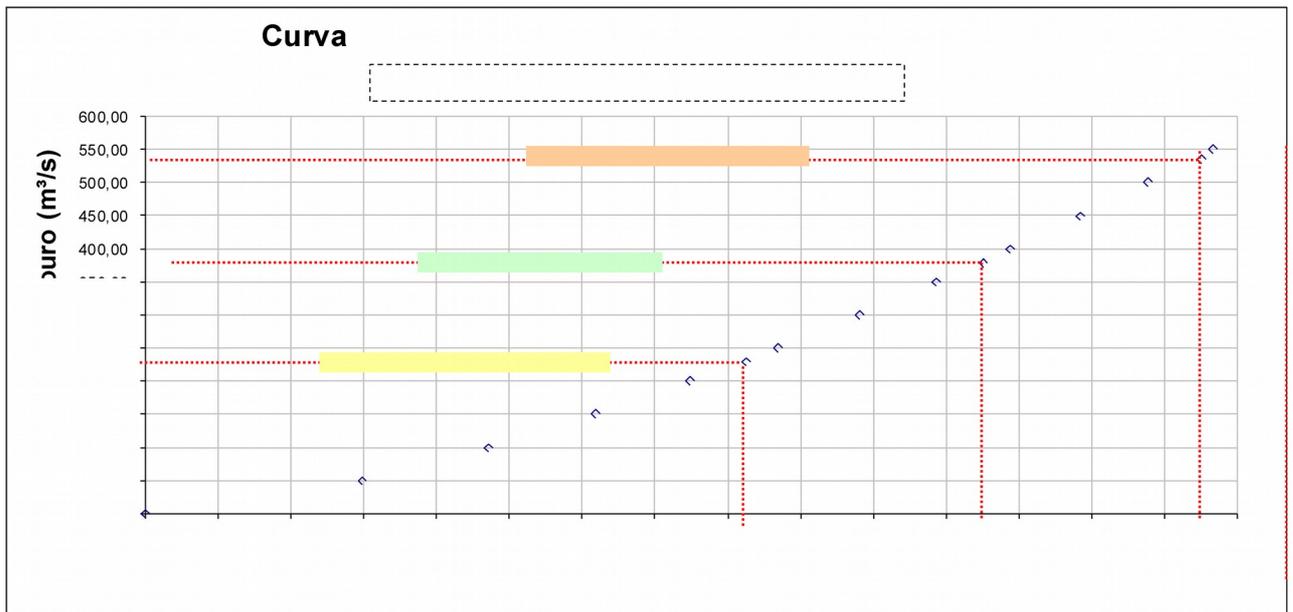


FIGURA 4 - CURVA CHAVE DO VERTEDOIRO

### 3.6 GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS REPRESADOS; ESTABELECIMENTO DE OUTORGAS E TARIFAÇÃO D'ÁGUA

Os planos e programas ligados aos recursos hídricos devem relacionar-se com os planos de desenvolvimento econômico dos âmbitos federal, estadual e municipal, de modo que o próprio investimento estabeleça formas de articulação entre as entidades de gestão do açude, e aquelas do planejamento e coordenação geral de programas públicos. Desta forma, a gestão do reservatório deve ser conduzida de acordo com uma perspectiva global, considerando a bacia hidrográfica como um todo.

O núcleo central do modelo de gestão dos recursos hídricos será constituído por um conjunto de entidades que deverá desenvolver ações de gestão unificada, considerando a quantidade e qualidade dos recursos hídricos, a integração dos usos múltiplos, o controle do regime das águas, o controle da poluição e dos processos erosivos.

O modelo de gestão a ser empregado deverá prever as formas de relacionamento entre as entidades de gestão e os usuários, compreendendo os direitos e as obrigações decorrentes do uso e derivação da água.

A participação do público em geral na gestão dos recursos hídricos, deve ser uma das formas de viabilização política da gestão dos mesmos. Porém tal participação deve ser, de preferência, sob modos de informação e consulta, sem que a administração pública decline no seu dever de decidir entre alternativas.

Os sistemas municipais de serviços públicos deverão deter atribuições de gestão de recursos hídricos por meio de delegação estadual, sujeito às normas estaduais. Em alguns casos isolados, como saneamento básico e drenagem urbana, o interesse do município é relevante e a legislação deverá prever as competências municipais e seus limites.

Para propiciar as condições de desenvolvimento sustentável na área do açude, de forma que o uso dos recursos naturais não supere sua condição de se renovar, garantindo a melhoria de vida para todos e evitando possíveis limitações ao



desenvolvimento econômico e social das gerações futuras, é fundamental gerenciar com eficiência estes recursos.

A disponibilidade de água para os vários usos depende de como são tratadas as questões relativas à sua quantidade e qualidade, por isso, para uma utilização racional é impossível separar estes aspectos. Com o passar do tempo, a tendência é aumentar o consumo, entretanto nem sempre se pode aumentar a oferta na mesma quantidade, pois existem limites naturais, como a quantidade de chuva que cai numa determinada região.

Desta forma agravam-se os conflitos, pois justamente por ser a água um elemento que serve a múltiplos usos, é comum ocorrer à competição entre os usuários. É fundamental, portanto, estabelecer mecanismos que permitam o uso desse bem de forma ordenada, considerando todos os usos e atividades que possam resultar em conflitos ou degradação para o meio ambiente, daí surge à importância do gerenciamento integrado dos recursos hídricos implantado pelo governo. O gerenciamento de recursos hídricos consiste, portanto, em um conjunto de ações governamentais destinadas a regular o uso, controle e preservação da água.

Tendo como referencial o princípio de que a água deve ser gerenciada de forma descentralizada, integrada e participativa, sendo a bacia hidrográfica a unidade de planejamento e atuação, deve-se estimular a participação de usuários, instituições governamentais e não governamentais e da sociedade civil neste processo. Para que o gerenciamento se dê nesses moldes, faz-se necessário à utilização de vários instrumentos, tais como:

- \*0 planejamento: visa realizar estudos na busca de adequar, o uso, controle e preservação dos recursos hídricos às necessidades sociais e/ou governamentais identificadas na bacia hidrográfica;
- \*1 operação: objetiva definir a liberação de águas de forma a atender a demanda (os usos), levando em consideração a oferta disponível e as características do reservatório;

- \*2 monitoramento: tem a função de realizar o acompanhamento dos aspectos qualitativos e quantitativos da água, servindo de informação para auxiliar a tomada de decisão da operação;
- \*3 manutenção: é importante na realização de estudos da situação física das estruturas hidráulicas, verificando a necessidade da recuperação e definindo planos de conservação para as referidas estruturas;
- \*4 apoio à organização dos usuários: conscientizar e educar os usuários para que, de forma organizada, possam gerenciar, com o apoio técnico, este bem tão precioso da natureza.

A utilização destes instrumentos tem por finalidade a implementação de um sistema gerencial que integre as ações dos diversos órgãos federais, estaduais ou municipais que atuam no setor, e que seja capaz de fornecer informações para a tomada de decisão com o objetivo final de promover, de forma coordenada, o uso, controle e preservação da água.

Para facilitar a implementação da lei de recursos hídricos (Lei n<sup>o</sup> 11.996 de 24/07/92) e, possibilitar um maior controle sobre a quantidade e distribuição de água necessária para atender todas as necessidades dos usuários, foram definidos alguns instrumentos legais:

- a outorga: que se constitui numa autorização, com validade anual, concedida pela Secretaria dos Recursos Hídricos que assegura ao usuário o direito de usar a água num determinado local, retirando-a de uma determinada fonte superficial ou subterrânea, com uma vazão definida e para uma finalidade também definida;
- a licença para obras hídricas: que se constitui numa autorização concedida pela Secretaria dos Recursos Hídricos à execução de qualquer obra ou serviço de oferta de água que altere o regime, a quantidade ou a qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos;
- a cobrança pelo uso da água bruta: prevista como forma de diminuir o desperdício, aumentar a eficiência no uso da água e como fonte arrecadadora de fundos para cobrir as despesas com gestão, operação e manutenção das obras hídricas.



O estabelecimento do sistema de outorga e a tarifação d'água ficará a cargo da Gestora Hídrica da região.

## 4 MANUTENÇÃO E MONITORAMENTO

### 4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Visando o acompanhamento do comportamento da Barragem Germinal e a garantia da sua funcionalidade e segurança, faz-se no presente item a apresentação dos Planos de Monitoramento da Barragem, de Primeiro Enchimento, de Manutenção e de Monitoramento do Reservatório.

### 4.2 PLANO DE MONITORAMENTO DA BARRAGEM

#### 4.2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Plano de Monitoramento da Barragem Germinal, que se descreve nos itens subseqüentes, permitirá acompanhar o comportamento do maciço e respectiva fundação nos diversos períodos de vida da obra. Os dados registrados pelo sistema serão essenciais na avaliação das condições de segurança estrutural e hidráulica-operacional, na confirmação da aplicabilidade dos critérios e parâmetros adotados no dimensionamento da obra e na verificação da sua adequada funcionalidade.

#### 4.2.2 SELEÇÃO DAS GRANDEZAS A OBSERVAR

Tendo em conta o resultado obtido em relação aos riscos descritos na avaliação da segurança do empreendimento e as especificidades do local da barragem e da própria obra preconizou-se o monitoramento das seguintes grandezas:

- deslocamentos superficiais;
- deslocamentos internos;
- níveis hidráulicos (tensões neutras);

### 4.2.3 DISPOSITIVOS DE MONITORAMENTO

Para as grandezas referenciadas, recomendou-se a instalação dos seguintes dispositivos de observação:

- Bench-marks;
- Piezômetros hidráulicos – Tipo: Casagrande;
- Tassômetro

A concepção do plano de monitoramento, designadamente a definição da quantidade de dispositivos, sua localização e tipo, visou uma adequada caracterização das diferentes grandezas, por forma a que estas sejam representativas do comportamento global da obra, ao longo da sua vida.

Na Tabela 7 a seguir apresenta-se o número de dispositivos que, face à extensão da obra e especificidades, se consideram necessários para o adequado acompanhamento do seu comportamento.

TABELA 7 - Instrumentação – Dispositivos de Monitoramento

DISPOSITIVOS	QUANTIDADE
Bench-Marks	2
Piezômetros Hidráulicos	4
Tassômetros	3

As cotas dos diversos dispositivos de monitoramento indicadas, em particular as ponteiros dos piezômetros, são cotas aproximadas que deverão ser tidas como referência para os respectivos trabalhos de instalação. Os trabalhos de execução associados ao saneamento da fundação e em particular o levantamento de ressurgências serão elementos fundamentais na retificação ou ratificação do plano de monitoramento definido.

#### ○ Benchmarks (Controlar Recalques)

Com o objetivo de controlar os recalques serão instalados 2 Benchmarks. A leitura periódica dos recalques em cada Barragem permitirá a condução das atividades de manutenção, quando for pertinente. A leitura sistemática é de suma



importância para preservar as questões de segurança da obra. A localização dos benchmarks estão apresentadas no Tomo 2 desta etapa B3.

○ **Piezômetros hidráulicos - Casagrande**

Com o objetivo de controlar os níveis hidráulicos (e, indiretamente, as pressões neutras) serão instalados 4 piezômetros hidráulicos no contato do maciço com a fundação. A leitura periódica das pressões d'água em cada um dos piezômetros permitirá a condução das atividades de manutenção, quando for pertinente. A leitura sistemática é de suma importância para preservar as questões de segurança da obra.

TABELA 8 - Identificação e localização dos Piezômetros Hidráulicos  
-Casagrande

Piezômetro Casagrande	Estacas	Comprimento (m)
P.1	E2	12,00
P.2	E2 + 14,00	11,00
P.3	E4 + 5,60	14,00
P.4	E5	11,00
Total (m)		48,00

Os piezômetros deverão ser instalados em 4 (quatro) seções, localizadas no interior da galeria de inspeção/ drenagem.

○ **Tassômetros**

São instrumentos para medições de recalques profundos, instalados em cotas determinados em projeto, cujo recalque é transferido para superfície constituído normalmente por uma haste de tubo galvanizado . As leituras de nivelamento e contranivelamento são realizadas a partir de um referencial instalado convenientemente fora da zona de influência da escavação ( Benchmarks). As localizações dos Tassômetros estão apresentadas no Tomo 2 desta etapa B3.

**4.2.4 FREQUÊNCIA DE LEITURA**

A periodicidade de leitura dos dispositivos de observação está relacionada com as fases de vida da obra - construção, primeiro enchimento, exploração e



rebaixamento rápido – e é função do tipo e dimensão da barragem, das características do local e dos aspectos específicos da obra.

Tendo em conta os fatores referidos, definiram-se no Plano de Monitoramento as frequências de leitura para cada tipo de dispositivo que se reproduzem na Tabela 9.

TABELA 9 - Medição de grandezas - Frequência recomendada

INSTRUMENTAÇÃO	FASE DE CONSTRUÇÃO	1º ENCHIMENTO E REBAIXAMENTO RÁPIDO	5 PRIMEIROS ANOS APÓS O 1º ENCHIMENTO	> 5 ANOS APÓS O 1º ENCHIMENTO
BenchMarks		Semestral	Semestral	Anual
Tassômetro		Semestral	Semestral	Anual
Piezômetros Hidráulicos Casagrande	-	Mensal ou (1)	Trimestral	Semestral

(1) - Início, patamares e fim do enchimento ou rebaixamento rápido

Relativamente ao primeiro enchimento do reservatório, por se tratar de uma das fases mais críticas da vida da obra, esta deverá ser acompanhada cuidadosamente, sendo a periodicidade das leituras ditada, em grande parte, pelo programa de enchimento definido. No período seguinte, cerca de 5 anos, os resultados dos dispositivos de monitoramento deverão conduzir a uma boa compreensão do comportamento da obra, devendo, no período subsequente, a frequência de leituras ser reavaliada em conformidade com a análise do comportamento da obra durante os primeiros 5 anos.

As frequências indicadas na Tabela 9 pressupõem uma exploração em condições normais. A ocorrência de situações extraordinárias, seja associada às ações

exteriores, seja ao comportamento da estrutura em si, poderá, após análise pormenorizada, conduzir a uma adaptação da periodicidade das leituras, de forma mais ou menos temporária, consoante a situação encontrada.

#### 4.2.5 INSPEÇÃO VISUAL

A inspeção visual é uma forma rápida e expedita de avaliar preliminarmente a segurança da obra, e pode classificar-se segundo três tipos:

- i. Inspeções de rotina, a cargo do pessoal responsável pela exploração da obra/sistema de monitoramento;
- ii. Inspeções especiais, a cargo dos responsáveis pela elaboração dos relatórios sobre o comportamento da barragem;
- iii. Inspeções de carácter excepcional, a cargo dos responsáveis indicados em ii), em geral, com a colaboração de uma equipe de consultores.

Na Tabela 10 indicam-se as freqüências mínimas de inspeção visual, para as diferentes fases de vida da obra, estabelecidas tendo em conta as suas características particulares.

As inspeções de rotina deverão estar a cargo dos agentes responsáveis pela exploração e monitoramento da barragem e as inspeções de especialidade a cargo dos responsáveis pela elaboração dos relatórios de comportamento da barragem. As inspeções de carácter excepcional são obrigatórias após ocorrências excepcionais, como por exemplo, sismos importantes, grandes cheias e rebaixamento totais ou quase totais do reservatório.

TABELA 10 - Inspeção Visual - Freqüências recomendadas

Fases de Vida	Inspeções Visuais		
	Rotina	Especialidade	Excepcionais
Construção	Semanal	Mensal	(1)
1º Enchimento e Rebaixamento Rápido	(2) ou Mensal	(2) ou Anual	(1)
Exploração – primeiro período	Mensal	Anual	(1)

Exploração – período posterior	Trimestral	Anual	(1)
--------------------------------	------------	-------	-----

(1) - Após ocorrência

(2) - Início e fim do 1º enchimento ou rebaixamento rápido e no início e final de cada patamar do 1º enchimento.

Considera-se, no caso da Barragem Germinal, que as inspeções de caráter excepcional em fase de exploração devem ser sempre realizadas após ocorrências excepcionais, designadamente, após a ocorrência de cheias com períodos de retorno superiores a 100 anos, sismos com magnitude, na escala de Richter, superior a 5 e rebaixamentos totais do reservatório.

Em fase de construção e de primeiro enchimento, as inspeções de caráter excepcional deverão ser feitas após ocorrências excepcionais para essa fase da obra, designadamente, cheias com períodos de retorno iguais ou superiores a 50 anos e quaisquer ocorrências sísmicas.

A inspeção deve ser feita ao nível da observação direta quer dos aspectos gerais da obra, quer de aspectos particulares potencialmente indicadores de deteriorações e/ou comportamentos anômalos e da leitura dos aparelhos de monitoramento.

Duma maneira geral, as inspeções de uma barragem de concreto devem detectar as seguintes ocorrências anormais:

- Recalques
- Carregamentos
- Deflexões
- Deslocamento lateral entre estruturas.

Estas observações poderão ocorrer através de inspeções conduzidas a partir de contatos expostos nas ombreiras, nas faces de montante e jusante do maciço, na crista, parapeitos, galerias, juntas de contração e construção e no pé da barragem.

Infiltrações anormais no sistema de drenagem, através de juntas e em drenos abandonados devem ser medidas e registradas. Estas informações ajudarão a alertar o pessoal de operação a atentarem para condições não usuais. A instrumentação instalada deve ser acessada e os dados observados registrados.

As inspeções de especialidade e excepcionais deverão analisar, pormenorizadamente, os pontos atrás referidos e proceder à verificação do bom estado de funcionamento dos equipamentos de monitoramento.

Recomenda-se a elaboração pelas respectivas entidades responsáveis de relatórios expeditos e objetivos que resumam os resultados das inspeções, cuja pormenorização dependerá do tipo de inspeção em causa, e que incluam as fichas de inspeção devidamente preenchidas e uma reportagem fotográfica.

No item 6 apresenta-se uma ficha tipo para as inspeções de rotina à Barragem Germinal.

As inspeções de carácter excepcional a realizar deverão ser procedidas da realização de um relatório que inclua, nomeadamente:

- a) A caracterização da ocorrência excepcional que ocasionou a inspeção;
- b) Os resultados da inspeção e a caracterização de eventuais deteriorações detectadas (incluindo, localização, caracterização, ficha de inspeção preenchida e reportagem fotográfica);
- c) Avaliação preliminar de segurança da obra;
- d) Indicação, se for o caso, de estudos e/ou medidas a implementar (de imediato ou a curto prazo).

Os técnicos encarregados das inspeções de rotina, de especialidade e excepcionais deverão ter experiência comprovada neste domínio.

## 4.3 PLANO DE PRIMEIRO ENCHIMENTO

### 4.3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Plano de Primeiro Enchimento contém indicações sobre:

JM ENGENHEIROS CONSULTORES LTDA | CNPJ Nº. 07.321.709/0001-38

Correspondência: | Av. Senador Virgílio Távora, 1701 | salas 504 a 508 | Aldeota | Fortaleza - CE | Cep: 60.170-251  
Tel.: (85) 3244.3744 | Fax: (85) 3244.1066 | e-mail: [jmconsultores@netbandalarga.com.br](mailto:jmconsultores@netbandalarga.com.br)

Sede: | Shopping Eusébio Center | Av. Eusébio de Queiroz, 101 | sala 216 | Parnamirim | Eusébio - CE

Escritório: | Rondônia | Pará | Maranhão | Piauí | Ceará | Rio Grande do Norte | Paraíba | Pernambuco | Alagoas | Bahia | Minas Gerais



- a) Seleção de grandezas a observar, destinadas a um controlo expedito da segurança;
- b) Inspeção visual contínua;
- c) Frequência de recolha de dados, em função do programa de enchimento do reservatório;
- d) Patamares de enchimento, se justificar, correspondendo a cada patamar uma visita de inspeção e uma avaliação das condições de segurança.

Cada um destes itens é aqui tratado em separado de modo a sistematizar o procedimento a adotar no monitoramento do primeiro enchimento.

#### **4.3.2 GRANDEZAS A OBSERVAR**

Todas as grandezas que são objetos de monitoramento na barragem deverão ser medidas e devidamente interpretadas no primeiro enchimento. No Plano de Monitoramento, descrito no item anterior, fez-se uma descrição detalhada das grandezas objeto de leitura e respectivos dispositivos, bem como das frequências de leitura, designadamente, para o primeiro enchimento.

O primeiro enchimento do reservatório da Barragem Germinal deverá ser efetuado de modo lento e gradual sem subidas bruscas do nível da água.

Como princípio de base, recomenda-se ainda que, na primeira fase do enchimento, sempre que se verifiquem variações superiores a 3m do nível da água no reservatório, em intervalos inferiores a uma semana, se faça uma campanha de leituras suplementar dos piezômetros hidráulicos e das vazões totais e parciais.

Na segunda fase de enchimento recomenda-se que as leituras suplementares dos equipamentos referidos se realizem sempre que se verifiquem variações superiores a 2,0 m em intervalos inferiores a uma semana.

Considera-se que os deslocamentos superficiais e internos, níveis piezométricos deverão ser objeto de medição particularmente assídua no caso em análise e,

sobretudo, que deverá haver um acompanhamento sistemático de interpretação de dados.

Em princípio, prevê-se o início do primeiro enchimento no período seco. Esta fase deverá ser seguida com particular cuidado e, caso se verifique afluições importantes, as frequências de leituras definidas deverão ser reavaliadas. Caso o enchimento se inicie no período úmido, dever-se-á proceder à revisão e eventual modificação das frequências de leitura, conforme Tabela apresentada.

Neste período, particular atenção deverá ser dada às medições diárias dos níveis do reservatório e da precipitação, no sentido de antecipar subidas rápidas de nível e de agir em conformidade.

#### **4.3.3 INSPEÇÃO VISUAL**

A inspeção visual por ser a mais imediata e expedita tem, na fase de primeiro enchimento, em que há a instalação progressiva das solicitações e se controla a resposta da obra, fundamental importância.

A inspeção deve ser feita ao nível da observação direta dos aspectos gerais da obra e ao nível de questões específicas indicadoras de deterioração e da leitura dos dispositivos de monitoramento, conforme apresentado neste manual.

No que se refere às inspeções de rotina a realizar pelos técnicos de monitoramento, prevê-se que sejam efetuadas com uma frequência, no mínimo, mensal e sempre que se justifique, recomendando-se a elaboração de relatórios expeditos e objetivos com uma periodicidade trimestral.

O segundo tipo de inspeção, de especialidade, mais ligado à monitorização especializada, com a verificação do bom estado de funcionamento dos equipamentos de monitoramento e a sua leitura, validação e interpretação deverá estar a cargo de uma equipe de especialistas com experiência neste tipo de trabalho.



Estas inspeções deverão ser efetuadas, no mínimo, no início e no final dos períodos de manutenção dos patamares de enchimento e no final do enchimento e com uma periodicidade máxima anual.

Os técnicos encarregados das inspeções visuais de rotina e de especialidade deverão preparar, na fase que precede o primeiro enchimento e tirando partido de informações recolhidas durante a fase de construção, fichas de inspeção visual específicas da obra, adequadas a cada tipo de inspeção efetuada, de rotina ou de especialidade.

Deverá ser elaborado um relatório detalhado para cada uma destas inspeções que deverá incidir essencialmente sobre as modificações detectadas após o último relatório análogo.

Deverá ainda proceder-se a uma inspeção visual de carácter específico, logo após a ocorrência de qualquer situação excepcional.

#### 4.4 PLANO DE MANUTENÇÃO

Ações de manutenção periódica devem ser levadas a cabo quer na barragem quer nos órgãos hidráulicos anexos. Tratam-se de ações que permitem corrigir pequenas deteriorações e/ou situações anômalas que, se detectadas e corrigidas em tempo útil, não terão significado no âmbito da segurança ou da funcionalidade da obra. Ao contrário, a sua não correção poderá induzir potenciais comportamentos anômalos das estruturas.

O concreto da soleira do vertedouro deve ser inspecionado com periodicidade anual, com o objetivo de detectar avarias que prejudiquem a conformação geométrica da soleira e eventuais pontos de cavitação. As avarias detectadas devem ser reparadas com a aplicação de concreto com consumo de 350kg de cimento por m<sup>3</sup> de concreto, com o cuidado de se restabelecer a geometria original de projeto.

Também o canal vertedouro e bacia de dissipação, escavados na rocha, deverão ser, pelas mesmas razões, objeto de limpeza periódica. Por outro lado, eventuais



erosões ou sub - escavações localizadas deverão ser objeto de correção, por exemplo, com concreto pobre.

A zona de saída da tomada de água é outro ponto que deverá ser objeto de manutenção periódica, promovendo, designadamente, a correção de erosões localizadas que ocorram a jusante das áreas de impacto das vazões descarregadas, evitando, designadamente, erosões regressivas.

Também os equipamentos hidromecânicos deverão ser objeto de manutenção periódica. A sua adequada manutenção evitará o aparecimento ou a progressão de pontos de corrosão dos elementos metálicos, de falta de estanqueidades ou mesmo de obstrução à sua manobra.

Os manuais contendo os procedimentos detalhados de manutenção a serem seguidos para os equipamentos hidromecânicos, deverão constar no escopo do fornecimento dos mesmos, ou seja deverão ser fornecidos pelo fabricante dos equipamentos adquiridos. A seguir apresenta-se os principais aspectos a serem observados na manutenção dos equipamentos hidromecânicos principais:

#### **4.4.1 GRADE**

É necessária a inspeção dos equipamentos de içamento e da grade propriamente dita com uma frequência de pelo menos uma vez por ano;

Traços de oxidação e corrosão que eventualmente venham a ser encontrados devem ser eliminados através de limpeza cuidadosa com escova metálica e protegidos através de retoque da pintura danificada;

Por ocasião da inspeção, deve-se ainda verificar todas as ligações aparafusadas, reapertando-as se necessário.

#### **4.4.2 COMPORTA VAGÃO**

É necessária a inspeção dos equipamentos de içamento e da comporta propriamente dita com uma frequência de pelo menos uma vez por ano;

Traços de oxidação e corrosão que eventualmente venham a ser encontrados devem ser eliminados através de limpeza cuidadosa com escova metálica e protegidos através de retoque da pintura danificada;

Por ocasião da inspeção deve-se ainda verificar todas as ligações aparafusadas, reapertando-as se necessário;

As borrachas de vedação devem ser inspecionadas a cada 12 meses e substituídas se necessário.

#### **4.4.3 VÁLVULA DISPERSORA E REGISTRO DE GAVETA**

É necessária a inspeção em toda a parte estrutural do registro e da válvula dispersora pelo menos uma vez por ano.

Traços de oxidação e corrosão que eventualmente venham a ser encontrados, devem ser eliminados através de limpeza cuidadosa com escova metálica e protegidos através de retoque da pintura danificada;

Por ocasião da inspeção deve-se ainda verificar todas as ligações aparafusadas, reapertando-as se necessário;

Deve-se inspecionar cuidadosamente o estado geral dos anéis de vedação, substituindo-os caso seja necessário.

### **4.5 AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DA OBRA**

#### **4.5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

A inspeção, monitoramento e análise periódica do comportamento da obra constituem atividades fundamentais no âmbito da segurança e funcionalidade de uma barragem.

Não obstante, os diferentes tipos de deteriorações passíveis de ocorrerem e as suas diferentes formas de manifestação, associadas às características específicas de cada deterioração e de cada obra, é possível sistematizar um

determinado número de ações que, em conjunto, permitirão a sua detecção e caracterização.

Estas ações integram essencialmente as seguintes operações:

1. Inspeção;
2. Monitoramento;
3. Análise do comportamento da obra;

As quais são objeto de descrição detalhada nos itens seguintes.

#### **4.5.2 INSPEÇÃO VISUAL**

Como referido anteriormente, a inspeção visual da Barragem Germinal deve ser realizada em todas as suas fases de vida e constituirá, à partida, o método mais eficaz de detecção de deteriorações.

As inspeções podem ser de diferentes tipos, desde as mais simples, realizadas pelo pessoal de exploração das barragens, até às mais complexas efetuadas por equipas de peritos altamente qualificados.

No que respeita à frequência das inspeções de rotina, esta deve ser adequada às fases de vida da obra e à sua importância. No caso das inspeções especiais, a frequência mínima deve ter em conta a evolução das propriedades dos materiais e os condicionantes específicos de cada obra e, nas inspeções de carácter excepcional, a inspeção deve realizar-se sempre depois de ocorrências excepcionais, como sejam sismos importantes, grandes cheias, rebaixamento significativo do nível de água do reservatório.

Os diversos aspectos, detalhes e procedimentos a seguir nas inspeções podem, e é desejável que o sejam, ser objeto de normalização a fim de facilitar e garantir a eficácia da ação dos agentes intervenientes. Um dos aspectos de normalização consiste na utilização de fichas a preencher durante a inspeção e que será uma peça fundamental do relatório de inspeção (item 6).

### 4.5.3 MONITORAMENTO

A implementação do Plano de Monitoramento da Barragem Germinal visa essencialmente o controlo da segurança estrutural e operacional durante as diferentes fases de vida da obra.

As grandezas objeto de monitoramento, o tipo de dispositivos de leitura, os locais de instalação, bem como a frequência de leituras e consequentes ações de validação, interpretação e análise do comportamento da obra, foram aferidas às condicionantes e cenários de risco potenciais da Barragem Germinal.

#### 4.5.3.1 RECOLHA DE DADOS

A recolha de dados far-se-á para todos os dispositivos da Barragem Germinal manualmente.

A frequência da recolha de dados foi definida no Plano de Monitoramento em função da fase de vida da barragem, podendo vir a ser objeto de correção face as situações de exploração anormais.

#### 4.5.3.2 TRATAMENTO E VALIDAÇÃO DOS DADOS

O tratamento e validação de dados implicam sempre duas fases. Numa primeira fase, transformam-se as medições efetuadas em grandezas físicas. Numa segunda fase, relacionam-se os valores das grandezas medidas com valores de referência. Estes valores de referência constituem a base para validação de dados que consiste em eliminar os dados anormais, os quais são devidos fundamentalmente a:

- erros de leitura;
- erros de transcrição;
- avarias dos aparelhos de medição;
- erros de transmissão.

Classificam-se como dados anormais aqueles que saem da banda normal de incerteza da grandeza medida. Constatada a existência de um dado anormal deverá fazer-se uma nova leitura, e se a anomalia persistir deverá verificar-se a

integridade e operacionalidade do aparelho de medição. Se a anomalia é real é necessário investigar as causas e remediá-la.

É conveniente que a primeira validação seja feita na barragem, com vista à agilização dos eventuais procedimentos de verificação e correção no local.

#### 4.5.3.3 TRANSMISSÃO

Caso não existam meios para efetuar a validação dos dados no local de barragem, é indispensável dispor de um sistema de comunicações eficiente, que permita a transmissão dos dados à estrutura central.

#### 4.5.3.4 ARQUIVO

O arquivo de dados já validados e dos resultados do seu tratamento deve ser, de preferência, automatizado, assim como a validação e o tratamento dos dados.

A automatização deve permitir refazer os cálculos com modelos conceptuais aperfeiçoados ou adaptados aos dados elaborados a fim de analisar mais tarde a evolução do comportamento da barragem.

### **4.5.4 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA OBRA**

#### 4.5.4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A análise conjunta das informações recolhidas por inspeções periódicas das obras, dos dados de monitoramento e também das ações de manutenção deverá constituir um trabalho contínuo e integrado que permita a avaliação periódica da segurança e operacionalidade das obras.

Esta atividade deve ser realizada por uma equipe de especialistas nas diferentes áreas científicas interessadas, munidos de “ferramentas” de cálculo adequadas.

É preciso ter presente que no estado atual dos conhecimentos, as informações de monitoramento são incompletas e afetadas de incertezas ou de erros. De igual modo os modelos conceptuais que fornecem os valores de referência refletem apenas de forma parcial e imperfeita a realidade física sempre muito complexa.



Há que ter ainda em consideração que as grandezas medidas não se relacionam sempre da mesma maneira às variações do grau de segurança de cada barragem, havendo casos onde fenômenos importantes para a segurança não tenham influência sobre as grandezas observadas.

Assim, é importante ter presente que o que se vê, o que se mede e o que realmente está a acontecer nem sempre evidenciam ou indicam os mesmos fenômenos, tornando indissociável, na avaliação do comportamento da obra, um julgamento subjetivo que baseará decisões que poderão ter consequências econômicas e sociais muito importantes, pelo que deverá recair numa equipe de especialistas altamente qualificados, com experiência neste tipo de trabalho, e um conhecimento profundo das especificidades do local e da obra em causa.

No caso de se constatar qualquer deterioração da barragem, seja revelada pela leitura dos dispositivos de monitoramento, seja detectada por inspeção visual ou ações de manutenção, haverá que decidir qual a estratégia a seguir, obviamente condicionada pelo tipo e dimensão da deterioração e que poderá passar pela execução de medidas de reabilitação imediatas ou, por exemplo, por investigações complementares, pelo reforço do sistema de monitoramento e/ou inspeção da obra.

#### 4.5.4.2 ASPECTOS A CONSIDERAR NA AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO E SEGURANÇA

Como referido, a avaliação de segurança da obra deverá ter em conta a análise integrada da informação recolhida quer nas ações de manutenção, quer nas visitas de inspeção, quer pela leitura, validação e interpretação das grandezas objeto do monitoramento.

Deverá ter-se em conta, designadamente:

i) as indicações obtidas nas inspeções visuais, durante as quais se procurará detectar, em tempo útil, eventuais fenômenos de fissuras, vazamentos, percolações excessivas pelo corpo da barragem ou fundação, assentamentos localizados que possam sugerir perturbações, etc.

ii) as grandezas objeto de medição não deverão exibir variações significativas para condições de solicitação idênticas.

iii) os resultados dos deslocamentos, visando a detecção, em tempo útil, de eventuais movimentos anômalos da barragem.

No que respeita às obras hidráulicas, as estatísticas mostram que se utilizaram cerca de vinte tipos de correções. As mais frequentes ordenam-se como se indica:

- Reparação de superfícies em contato com o escoamento;
- Reconstrução de zonas deterioradas;
- Aumento de vazão;
- Reconstrução parcial com reforço e modificações estruturais;
- Construção, modificação ou reparação de comportas;
- Monitoramento.

TABELA 11 - Classificação e Causas de Falhas

Falha	Decorrem ou estão Associados	Causa
Deterioração da Fundação	Qualidade e/ou tratamento das fundações. Apresentam rachaduras visíveis, afundamento localizado.	Remoção de materiais sólidos e solúveis; retirada de rochas e erosão.
Instabilidade da Fundação	Materiais solúveis.	Liquefação, afundamentos e deslocamentos de falhas.
Vertedouros Defeituosos	Cheia de projeto; adequação do vertedouro, obstruções; condições a jusante; fissuras e/ou rachaduras nas estruturas de concreto.	Obstruções; revestimentos fraturados; evidência de sobrecarga da capacidade disponível.
Deterioração do Concreto	Materiais defeituosos; agregados reativos; agregados de baixa resistência.	Reação álcalis/agregados e lixiviação.
Defeito de Barragens de Concreto		Alta subpressão; distribuição imprevista de subpressão; deslocamentos e deflexões diferenciais; e sobrecargas.

Falha	Decorrem ou estão Associados	Causa
Defeitos das Margens do Reservatório	Erosões, deslocamentos de falhas; rupturas.	Permeabilidade; instabilidade e fragilidade inerente das barreiras naturais.

#### 4.6 PLANO DE MONITORAMENTO DO RESERVATÓRIO

##### 4.6.1 PLANO DE MONITORAMENTO DA QUANTIDADE E QUALIDADE DA ÁGUA E DA SEDIMENTAÇÃO

Tendo em vista que essa água servirá para o abastecimento da cidade de Palmácia e cercanias, bem como da população ribeirinha de jusante, sua qualidade deverá se adequar, da melhor maneira possível, aos futuros usos (abastecimento humano, industrial, e dessedentação animal).

Para um estudo básico de avaliação de qualidade das águas, em vistas de seus usos preponderantes, de acordo com a classificação da Resolução CONAMA n° 020/86, sugere-se o seguinte plano de coleta:

- Seleção de estações de monitoramento no reservatório junto à entrada dos poluentes;
- Levantamento e caracterização das principais atividades poluidoras da bacia que podem influir na qualidade da água do reservatório;
- Estabelecimento de pontos de amostragem nos principais tributários do reservatório;
- Determinação dos pontos de amostragem ao longo do corpo do reservatório.

Durante a formação do reservatório deverão ser coletadas amostras de água para análise, desde o início até o enchimento completo do açude. Após o enchimento, deverão ser coletadas amostras de água, ao final da estação seca, e início, meio e final da estação chuvosa.

Portanto, além da fase de amostragem inicial (enchimento do reservatório), deverão ser feitas, no mínimo, quatro amostragens anuais.

Para exames de rotina, a coleta pode ser efetuada em um ou dois pontos do reservatório, de preferência junto ao local de captação da água para abastecimento humano e próximo a possíveis atividades poluidoras situadas nas imediações da bacia hidráulica.

As dosagens a serem feitas, os parâmetros de classificação das águas e a própria classificação constam na Resolução CONAMA nº 020/86. Até que a Secretaria de Meio Ambiente Estadual defina a classe em que será adequada a água do reservatório, esta deverá ser considerada como pertencente à Classe 2, a qual se destina ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional.

Uma vez implantado o barramento, a bacia será seccionada e o reservatório colherá a sedimentação oriunda de toda a área contribuinte. Portanto, a análise quantitativa e qualitativa dos sedimentos que serão depositados no reservatório permitirá o conhecimento das atividades exercidas na bacia hidrográfica, as quais possam vir a comprometer a qualidade do meio ambiente.

Após o desmatamento da área a ser inundada, deverão ser escolhidos pontos de amostragem da sedimentação, que serão materializados com marcos de concreto rentes ao solo, com áreas não inferiores a 1,0 m<sup>2</sup>, os quais deverão ser demarcados por bóias.

As amostras devem ser feitas duas vezes por ano, constando dos seguintes tipos de análise dos sedimentos:

- i) granulometria;
- ii) conteúdo de matéria orgânica;
- iii) metais pesados;
- iv) componentes de pesticidas;

sempre que sinais de alerta ocorrerem a partir das análises da água.

O acondicionamento das amostras coletadas deve ser feitos em frasco de boca larga de polietileno para a análise de metais, nutrientes e carga orgânica (DBO/DQO/COT), ou de vidros para compostos orgânicos, óleos e graxas. É recomendável congelar as amostras a 20°C para preservar a sua integridade, deixando uma alíquota sem refrigeração, para determinação da composição granulométrica.

#### **4.6.2 PLANO DE MONITORAMENTO DO NÍVEL PIEZOMÉTRICO E DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO**

##### **4.6.2.1 MONITORAMENTO DO NÍVEL PIEZOMÉTRICO**

Os recursos hídricos subterrâneos e superficiais são alterados no seu equilíbrio original ante as modificações impostas pela construção de reservatórios. O ajuste dos elementos naturais, decorrentes das alterações do meio abiótico como um todo, acarreta consequências que, dependendo do contexto geológico-hidrológico, podem ser danosas ou benéficas.

As áreas mais afetadas são aquelas marginais ao reservatório, onde a profundidade da superfície piezométrica original era inferior à cota final do lago. A superfície piezométrica quando sofre elevação tenderá a aflorar ou ficar muito próxima da superfície nos pontos topograficamente mais rebaixados. Esse efeito será menos pronunciado à medida em que se caminha para a montante e perpendicularmente ao reservatório. Apesar desse fato ser benéfico por aumentar a espessura saturada do aquífero livre e conseqüentemente a vazão dos poços, implica também na deteriorização do meio, acarretando problemas tais como:

- Manutenção de áreas permanentemente alagadas, afogamento de raízes, aumento da taxa de evapotranspiração, redução da taxa de infiltração, aumento da salinização das águas subterrâneas, saturação de sub-leito de estradas e diminuição da capacidade de carga dos solos.

#### 4.6.2.2 MONITORAMENTO DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO

A exploração do reservatório, cuja vazão se destinará ao abastecimento d'água da cidade de Palmácia e cercanias, ao desenvolvimento hidroagrícola e ao aumento da vazão regularizada do Pacoti, causará impacto sobre o volume armazenado, principalmente quando se considerar as variações climáticas ocorridas na região, resultando em oscilações no nível do reservatório. Em virtude dessas alterações, faz-se imprescindível o monitoramento do seu nível, com vista à obtenção de elementos básicos que sirvam para propor soluções e tomadas de decisão.

Para o monitoramento do nível d'água do reservatório deverão ser efetuadas leituras diárias das régua linimétricas instaladas na casa de comando da tomada de água e no vertedouro, com a finalidade de controlar o seu nível de exploração. As leituras deverão ser efetuadas diariamente. A efetivação dessa medida constitui ponto importante para que a exploração do manancial se processe de forma segura, garantindo, assim, os objetivos pretendidos pelo projeto.

#### **4.6.3 ADMINISTRAÇÃO DA FAIXA DE PROTEÇÃO DO RESERVATÓRIO**

O estabelecimento de uma faixa de proteção periférica ao lago visa a preservação do meio natural, com reflexos positivos sobre a vida silvestre, evitando atividades prejudiciais ao reservatório, e servindo de anteparo natural ao carregamento de sedimentos causado pela erosão laminar das encostas.

A proteção da reserva ecológica periférica ao reservatório exigirá a constituição de uma polícia florestal, que terá a seu cargo uma considerável tarefa educativa, devendo ser engajada nesta atividade a própria população local. Recomenda-se que a Secretaria de Meio Ambiente do Estado estabeleça regras a serem seguidas pela população.

É importante que a área da faixa de proteção seja cercada, deixando-se apenas os corredores necessários para os acessos aos locais em que se desenvolvam as atividades de pesca, balneário, praias artificiais, entre outras. No domínio da faixa



de proteção não será tolerado o exercício de atividades agrícolas e/ou pecuárias de quaisquer espécies. No caso específico de pontos de bebida para o gado, recomenda-se a construção de valas que conduzam a água para fora da reserva, mesmo que seja preciso bombeamento. Outra atividade que pode vir a ser danosa ao ecossistema do reservatório é a pesca. A salga de peixe nas margens do lago deve ser expressamente proibida, face ao risco de salinização da água represada.

## 5 EQUIPE DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Apresenta-se neste item a equipe necessária ao desenvolvimento das atividades operação, manutenção e monitoramento.

A equipe de operação, manutenção e monitoramento, deverá integrar os seguintes elementos:

- 1 técnico de nível médio associado à operação e manutenção da obra, permanentemente na obra;
- 1 técnico de nível médio para monitoramento que se deslocará à obra para medição das grandezas em observação e realização das visitas de inspeção visual de rotina com a periodicidade indicada neste manual;
- 1 técnico de nível superior responsável pela operação e que procederá ao tratamento e análise dos elementos recolhidos pelas ações de monitoramento, manutenção e inspeção e elaborarão relatórios de análise do comportamento da obra e procederão às visitas de inspeção de especialidade.

Devem ser elaborados os relatórios de inspeção com as seguintes periodicidades:

i) inspeções de rotina: 1 relatório trimestral durante o primeiro enchimento; 1 relatório semestral durante o primeiro período de exploração e 1 relatório anual no período subsequente;

ii) inspeções da especialidade: 1 relatório no início e fim de cada patamar de enchimento, com uma frequência mínima semestral; 1 relatório anual durante a exploração da obra.

## 6 INSPEÇÃO VISUAL DE ROTINA – FICHA TIPO

FICHA –TIPO - PARA A OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE ROTINA - FICHA TIPO	
BARRAGEM GERMINAL	
INFORMAÇÕES GERAIS	
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	
Curso de água:	Rio Pacoti
Município:	Palmácia
Estado:	Ceará
Utilização da água:	Abastecimento Humano,, Lazer e Turismo.
<b>DONO DA OBRA:</b>	
<b>PROJETO:</b>	
<b>GERENCIAMENTO:</b>	
<b>CONSTRUÇÃO:</b>	
Período:	
Empreiteiro Geral:	

### Lista para Inspeção Formal do Açude

Situação:
NA- Não Aplicável
NE – Não Existente
PV – Primeira Vez
DS – Desapareceu
DI – Diminuiu
PC – Permaneceu Constante
AU – Aumentou
NI – Não Inspeccionado (Justificar)

Nível de Perigo:(NP)
0 - Nenhum
1 – Atenção
2 – Alerta
3 – Emergência

(\*) Nível de Perigo

0 – Nenhum anomalia que não compromete a segurança da barragem, mas que pode ser entendida como descaso e má conservação;

1 – Atenção: anomalia que não compromete a segurança da barragem a curto prazo, mas deve ser controlada e monitorada ao longo do tempo;

2 – Alerta: anomalia com risco à segurança da barragem, devem ser tomadas providências para a eliminação do problema;

3 – Emergência: risco de ruptura iminente, situação fora de controle.

Localização/Anomalia	Situação								NP	Causa
<b>A. Infraestrutura Operacional</b>										
Falta de documentação sobre o açude	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de material para manutenção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de treinamento do (indicar o órgão responsável)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Precariedade de acesso de veículos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de energia elétrica	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de sistema de comunicação eficiente	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta ou deficiência de cercas de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta ou deficiência nas placas de aviso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de acompanhamento da gerência ou do (indicar o órgão responsável)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

Localização/Anomalia	Situação								NP	Causa
<b>B. Barragem</b>										
<b>B.1 Face de Montante</b>										
Rachaduras/afundamento (laje de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Medidores de nível do reservatório defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		

Comentários:

Localização/Anomalia	Situação								NP	Causa
B2. Coroamento										
Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Rachaduras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de revestimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeitos na drenagem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeitos no meio-fio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeitos no guarda-corpo	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Desalinhamento do meio-efio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Ameaça de lavas barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		

Comentários:

Localização/Anomalia	Situação								NP	Causa
B.3 Face de Jusante										
Rachaduras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de revência ou áreas úmidas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		

Comentários:

Localização/Anomalia	Situação								NP	Causa
B.4 Região a Jusante da Barragem										



Construções irregulares próximas ao leito do rio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Revência	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Árvores/arbustos na faixa de 10 m do pé da barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

Localização/Anomalia	Situação								NP	Causa
B.5 Galeria Drenagem/Inspeção										
Acesso precário aos instrumentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Piezômetros entupidos ou defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Drenos entupidos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Canaletas de drenagem destruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Medidores de vazão de percolação defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de instrumentação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

Localização/Anomalia	Situação								NP	Causa
C Estrutura Fixação da Cota da Soleira										
Rachaduras ou trincas no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Descalçamento da estrutura	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Juntas danificadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de deslocamentos das estruturas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		

Comentários:

Localização/Anomalia	Situação								NP	Causa
C.2 Bacia de Dissipação										
Defeitos no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosões ou escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Obstruções	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		

Comentários:

Localização/Anomalia	Situação								NP	Causa
C.3 Muros Laterais										
Rachaduras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosão nos contatos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosão na fundação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		

Comentários:

Localização/Anomalia	Situação								NP	Causa
D. Reservatório										
Réguas danificadas ou faltando	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Construções em áreas de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		



Poluição por esgoto, lixo, entulho, pesticidas, etc.	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Assoreamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Desmoronamento das margens	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Existência de vegetação aquática excessiva	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Desmatamento na área de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Presença de animais e peixes mortos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Pesca predatória	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Gado pastando	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

Localização/Anomalia	Situação								NP	Causa
E. Torre da Tomada D'Água										
E.1 Entrada										
Assoreamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Obstrução e entulhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Tubulações danificadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Registro defeituoso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Válvula defeituosa	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de grades de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeitos nas grades	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

Localização/Anomalia	Situação								NP	Causa
E.2 Estrutura										

Falta de Guarda corpo na Escada de acesso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Deterioração do guarda corpo na escada de acesso à galeria	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Ferragem exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de guarda corpo	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Deterioração do guarda corpo	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Deterioração da grade de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

Localização/Anomalia	Situação								NP	Causa
	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
F Galeria										
Corrosão e vazamentos na tubulação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de abrasão ou cavitação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de fadiga ou perda de resistência	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeitos nas juntas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Deformação do conduto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Desalinhamento do conduto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Surgências de água no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Precariedade de acesso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Vazamento nos dispositivos de controle	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Surgência de água junto à galeria	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de manutenção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Presença de pedras, lixo dentro da galeria	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Trincas no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

Localização/Anomalia	Situação								NP	Causa
G Estrutura de Saída										
Corrosão e vazamentos na tubulação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de abrasão ou cavitação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de fadiga ou perda de resistência	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Ruídos estranhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeito nos Dispositivos de Controle	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de deficiência nas instruções de operação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Surgências de água no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Vazamento nos dispositivos de controle	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de manutenção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Construções irregulares	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta ou deficiência de drenagem da caixa de válvulas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Presença de pedras, lixo dentro da caixa de válvulas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeitos no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeitos na cerca de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

Localização/Anomalia	Situação								NP	Causa
H Estradas de Acesso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Estado do Pavimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Pontes	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										



Localização/Anomalia	Situação								NP	Causa
	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
I Outros Problemas Existentes										
Comentários:										

Localização/Anomalia	Situação								NP	Causa
	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
J Sugestões e Recomendações										
Comentários:										

Observações:

As inspeções deverão ser efetuadas por pessoal devidamente treinado. Sugestões de periodicidade: semestral ou quando observados comportamentos anormais como surgências, erosões, elevação rápida do nível da água no reservatório etc.



**LUIZ HERNANI DE CARVALHO**  
Engenheiro Civil