

**MÓDULO VI**

**ELABORAÇÃO DOS MANUAIS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO**

**BARRAGEM MARANGUAPE I**

**VOLUME I – MANUAIS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO**

Rev.	Data	Descrição	Por	Ver.	Apr.	Aut.
00	Dez/02	Projeto Final	WBSR	JRPB	NKT	NKT



## ÍNDICE

## ÍNDICE

<b><u>APRESENTAÇÃO</u></b> .....	<b>8</b>
<b><u>1 - INTRODUÇÃO</u></b> .....	<b>13</b>
<b><u>2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO</u></b> .....	<b>17</b>
<b><u>3 - FICHA TÉCNICA</u></b> .....	<b>21</b>
<b><u>4 - MANUAL DE MANUTENÇÃO</u></b> .....	<b>27</b>
<b><u>4.1 - DEFINIÇÕES, CONCEITOS E RESPONSABILIDADES</u></b> .....	<b>28</b>
<b><u>4.2 - PROGRAMAÇÃO DAS VISITAS DE INSPEÇÃO</u></b> .....	<b>31</b>
<b><u>4.3 - ELEMENTOS DISPONÍVEIS</u></b> .....	<b>32</b>
<b><u>4.4 - PRINCIPAIS PONTOS A SEREM VERIFICADOS NA INSPEÇÃO PARA AVALIAÇÃO</u></b> .....	<b>33</b>
<b><u>4.4.1 - Objetivo</u></b> .....	<b>33</b>
<b><u>4.4.2 - Avaliações do Projeto, da Construção e do Desempenho</u></b> .....	<b>33</b>
<b><u>4.4.3 - Situação Geral das Estruturas de Concreto</u></b> .....	<b>38</b>
<b><u>4.4.4 - Equipamentos Hidromecânicos</u></b> .....	<b>39</b>
<b><u>4.4.5 - Situação Geral do Reservatório e Acessos</u></b> .....	<b>40</b>
<b><u>4.4.6 - Avaliação Geológica e Geotécnica</u></b> .....	<b>42</b>
<b><u>4.4.7 - Apreciação dos Estudos Hidrológicos</u></b> .....	<b>44</b>
<b><u>4.4.8 - Instrumentação de Advertência, Segurança e Desempenho</u></b> .....	<b>45</b>
<b><u>4.4.9 - Alteração nas Características dos Materiais e Ocorrências Genéricas</u></b> .....	<b>45</b>
<b><u>4.4.10 - Levantamento das Entidades Cíveis Organizadas</u></b> .....	<b>48</b>
<b><u>4.4.11 - Relatório de Vistoria</u></b> .....	<b>49</b>
<b><u>4.4.12 - Análise Técnica</u></b> .....	<b>49</b>
<b><u>4.5 - PLANO DE AÇÕES EMERGENCIAIS</u></b> .....	<b>50</b>
<b><u>4.5.1 - Objetivo</u></b> .....	<b>50</b>
<b><u>4.5.2 - Identificação e Avaliação de Emergências</u></b> .....	<b>50</b>
<b><u>4.5.3 - Ações Emergenciais</u></b> .....	<b>50</b>
<b><u>4.6 - MODELO DE LISTA DE INSPEÇÃO</u></b> .....	<b>51</b>
<b><u>5 - MANUAL DE OPERAÇÃO</u></b> .....	<b>60</b>
<b><u>5.1 - DESCRIÇÃO DA BARRAGEM E OBRAS COMPLEMENTARES</u></b> .....	<b>61</b>
<b><u>5.2 - DISPOSITIVOS DE OPERAÇÃO</u></b> .....	<b>61</b>
<b><u>5.3 - OPERAÇÃO NOS DIVERSOS ESTÁGIOS</u></b> .....	<b>61</b>

<a href="#">5.4 - ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA DE OPERAÇÃO .....</a>	62
<a href="#">5.5 - MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DA OPERAÇÃO .....</a>	62
<a href="#">5.6 - PLANO DE CAPACITAÇÃO DO QUADRO DE PESSOAL RESPONSÁVEL ..</a>	62
<a href="#">5.7 - AVALIAÇÃO DOS CUSTOS RELATIVOS A OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO .</a>	63



## APRESENTAÇÃO

## APRESENTAÇÃO

Os serviços executados pelo Consórcio JP ENGENHARIA – AGUASOLOS – ESC/TE, no âmbito do Contrato nº 005/PROGERIRH-PILOTO/CE/SRH/2001, assinado em 22/03/2001 com a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH-CE), tem como objeto a Elaboração dos Estudos de Viabilidades Técnicas, Ambientais e Econômicas, EIA's-RIMA's, Projetos Executivos, Levantamentos Cadastrais e Planos de Reassentamentos de Populações, Manuais de Operação e Manutenção e Avaliação Financeira e Econômica, referentes às Barragens GAMELEIRA, TRAIRI, JENIPAPEIRO, MARANGUAPE I e MARANGUAPE II e Adutoras de ITAPIPOCA, TRAIRI, IPAUMIRIM/BAIXIO/UMARI e MARANGUAPE/SAPUPARA/URUCARÁ/LADEIRA GRANDE, 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 Módulos, Volumes e Tomos. As partes e tomos que compõem o acervo do contrato são os apresentados na seqüência:

### Módulo I – Estudos de Alternativas de Localização das Barragens e Adutoras

VOLUME I – Estudo de Alternativas e Opções para a Localização dos Eixos Barráveis e Adutoras

### Módulo II – Estudos dos Impactos Ambientais

VOLUME I – Estudos dos Impactos Ambientais - EIA

VOLUME II – Relatório dos Estudos dos Impactos Ambientais - RIMA

### Módulo III – Projeto Executivo das Barragens

VOLUME I – Estudos Básicos

Tomo 1 – Relatório Geral

Tomo 2 – Estudos Hidrológicos

Tomo 3 – Estudos Cartográficos

Tomo 4 – Estudos Topográficos

Tomo 5 – Estudos Geológicos e Geotécnicos

VOLUME II – Anteprojeto

Tomo 1 – Relatório de Concepção Geral

Tomo 2 – Plantas

VOLUME III – Detalhamento do Projeto Executivo

Tomo 1 – Memorial Descritivo do Projeto

Tomo 2 – Memória de Cálculo

Tomo 3 – Especificações Técnicas

Tomo 4 – Quantitativos e Orçamentos

Tomo 5 – Síntese

Tomo 6 – Plantas

Módulo IV – Levantamento Cadastral e Plano de Reassentamento

VOLUME I – Levantamento Cadastral

Tomo 1 – Relatório Geral

Tomo 2 – Laudos Individuais de Avaliação

VOLUME II – Plano de Reassentamento

Tomo 1 – Diagnóstico Socioeconômico

Tomo 2 – Detalhamento do Plano de Reassentamento

Módulo V – Projeto Executivo das Adustras

VOLUME I – Estudos Básicos - Levantamentos Topográficos e  
Investigações Geotécnicas

VOLUME II – Anteprojeto

VOLUME III – Detalhamento do Projeto Executivo

Tomo 1 – Memorial Descritivo

Tomo 2 – Memória de Cálculo

Tomo 3 – Quantitativos e Orçamentos

Tomo 4 – Especificações Técnicas e Normas de Medições

Tomo 5 – Plantas

## **Módulo VI – Elaboração dos Manuais de Operação e Manutenção**

### **VOLUME 1 – Manuais de Operação e Manutenção**

## **Módulo VII – Avaliação Financeira e Econômica do Projeto**

### **VOLUME 1 – Relatório de Avaliação Financeira e Econômica do Projeto**

O presente relatório é nomeado como Volume I – Manuais de Operação e Manutenção e, é parte do Módulo VI.



## 1 - INTRODUÇÃO

## 1 - INTRODUÇÃO

Atendendo ao disposto nos Termos do Contrato Nº 005-PROGERIRH/PILOTO/CE/SRH/2001 e seus correspondentes anexos, compostos do Edital de Concorrência SDP Nº 05/00-PROGERIR/SRH/CE e a Proposta Técnica e de Preços, referente ao Projeto Executivo da Barragem Maranguape I, no Estado do Ceará, o Consórcio projetista apresenta o seguinte relatório, descrevendo as etapas que foram empreendidas no “Módulo VI” do mencionado contrato, inerentes a Elaboração dos Manuais de Operação e Manutenção.

Na elaboração deste trabalho foram observadas as recomendações e orientações principalmente do Manual de Segurança e Inspeção de Barragens, elaborado pelo Ministério da Integração Nacional a partir da Secretária de Infra-Estrutura Hídrica. Além dessa fonte de consulta observou-se, também, as orientações do Bureau of Reclamation.

Os manuais contidos nesse volume são compostos dos seguintes assuntos:

### **MANUAL DE MANUTENÇÃO**

- Definições, conceitos e responsabilidades;
- Programação das visitas de inspeção;
- Elementos disponíveis;
- Principais pontos a serem verificados na inspeção para avaliação;
- Plano de ações emergenciais;
- Modelo de lista de inspeção.

### **MANUAL DE OPERAÇÃO**

- Descrição da barragem e obras complementares;
- Dispositivos de operação;
- Operação nos diversos estágios;
- Organização do sistema de operação;
- Monitoramento e avaliação da operação;
- Plano de capacitação do quadro de pessoal responsável;

- Avaliação dos custos relativos a operação e manutenção.



## 2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

## 2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

Localizado na Região Metropolitana de Fortaleza o município de Maranguape, tem sua posição geográfica definida pelas coordenadas 3°53'27" de latitude Sul e 38°41'08" de longitude Oeste. Com extensão territorial de 672 km<sup>2</sup>, limita-se ao norte com Caucaia e Maracanaú, ao sul com Palmácia e Caridade, a leste com Pacatuba e Guaiuba e a oeste com Pentecoste.

O eixo barrável da Barragem Maranguape I está localizado no Riacho Gereraú a aproximadamente 5,0 km ao Sul da sede do município de Maranguape.

O acesso ao local é feito a partir de Fortaleza, pela CE-065. Ao atingir-se a rotula que deriva para a sede do município, segue-se, ainda, pela CE-065 no sentido Maranguape – Canindé. A cerca de 4,0 km contado da rotula logo antes do pontilhão do Riacho Gereraú existe uma estrada carroçável que leva ao eixo a ser barrado. O percurso nessa estrada é cerca de 2,0 km. A localização do barramento pode ser visto na Figura 2.1 a seguir.

## ***Mapa de localização FIG 2.1***



### 3 - FICHA TÉCNICA

### 3 - FICHA TÉCNICA

– **Identificação**

Denominação: ..... Barragem Maranguape I  
 Estado: ..... Ceará  
 Município: ..... Maranguape  
 Sistema: ..... Bacia Metropolitana  
 Rio Barrado: ..... Gereraú  
 Coordenadas UTM (SAD 69): ....Marco M-01 (9.564.360,536 N; 532.756,819 E)  
 Proprietário: .....Estado do Ceará/SRH  
 Autor do Projeto: ..... Consórcio JP-ENG/AGUASOLOS/ESC-TE  
 Data do Projeto: .....Dez/2002

– **Bacia Hidrográfica**

Área: ..... 15,86 km<sup>2</sup>  
 Precipitação média anual: ..... 1.386,00 mm  
 Evaporação média anual: ..... 1.468,00 mm

– **Características do Reservatório**

Área da bacia hidráulica (cota 105,00m): ..... 46,68 ha  
 Volume acumulado (cota 105,00m): ..... 5,48 hm<sup>3</sup>  
 Volume afluente médio anual: ..... 5,107 hm<sup>3</sup>  
 Volume morto do reservatório (cota 90,00m): ..... 0,49 hm<sup>3</sup>  
 Volume de alerta (cota 94,00 m): ..... 1,32 hm<sup>3</sup>  
 Vazão regularizada (90%): ..... 0,089 m<sup>3</sup>/s  
 Vazão afluente max. de projeto (TR=1.000anos): ..... 399,00 m<sup>3</sup>/s

Vazão max. de projeto amortecida (TR=1.000anos): .....	100,00 m <sup>3</sup> /s
Vazão afluente max. de verificação (TR=10.000anos): .....	528,00 m <sup>3</sup> /s
Vazão max. de verificação amortecida (TR=10.000anos): .....	148,00 m <sup>3</sup> /s
Nível d'água máximo normal: .....	105,00 m
Nível d' água max. maximorum (TR=1.000anos): .....	106,91 m
Nível d' água max. maximorum (TR=10.000anos): .....	107,48 m

– **Barragem**

Tipo: .....	Homôgenea de Solo
Altura máxima: .....	24,90 m
Largura do coroamento: .....	6,00 m
Extensão pelo coroamento: .....	492,96 m
Cota do coroamento: .....	El.108,50 m
Cota da soleira: .....	El.105,00 m
Volume de escavação obrigatória: .....	79.900,00 m <sup>3</sup>
Volume de escavação do cut-off: .....	7.300,00 m <sup>3</sup>
Volume do maciço e cut-off: .....	338.000,00 m <sup>3</sup>
Volume de enrocamento (rip-rap e rock-fill): .....	23.300,00 m <sup>3</sup>
Volume de transições: .....	6.230,00 m <sup>3</sup>
Volume de areia (filtro e transições): .....	20.700,00 m <sup>3</sup>
Largura máxima da base: .....	106,00 m
Talude de montante: .....	1,0 (v) : 2,0 (h)
Talude de jusante: .....	1,0 (v) : 2,0 (h)

– **Tomada de água**

Tipo: .....	Tubo de aço envolto em galeria de concreto
Localização: .....	12+17,00 D=26
Número de condutos: .....	1 (um)
Diâmetro: .....	300,00 mm

Comprimento do conduto: .....	117,00 m
Cota da geratriz inferior a montante: .....	El. 83,85 m
Cota de geratriz inferior à jusante: .....	El. 83,85 m
Volume de escavação: .....	6.400,00 m <sup>3</sup>
Volume de concreto armado: .....	104,00 m <sup>3</sup>
Volume de concreto de regularização: .....	20,00 m <sup>3</sup>
Comprimento total (incluindo entrada e saída): .....	126,00 m

– **Vertedouro**

Tipo: Perfil Creager, canal rápido, bacia de dissipação e canal escavado em solo

Largura: ..... 18,00 m

Cota da soleira (Creager): .....El. 105,00 m

Altura do muro creager: ..... 3,60 m

Material: ..... concreto ciclópico

Extensão total do canal: ..... 210,00 m

Vazão máxima (Tr=10.000 anos): ..... 528,00 m<sup>3</sup>/s

Lâmina máxima prevista (T.R=1000anos): ..... 1,91 m

Lâmina máxima prevista (T.R=10.000anos): ..... 2,48 m

Borda livre: ..... 1,59 m

Volume de concreto do perfil Creager: ..... 225,00 m<sup>3</sup>

Volume de escavação total do sangradouro: ..... 47.100,00 m<sup>3</sup>

**Canal de Restituição**

Tipo: .....canal escavado em solo

Largura: ..... 25,00 m

Extensão: ..... 35,00 m

Volume de escavação comum: ..... 3.500,00 m<sup>3</sup>

**Canal de Aproximação**

Tipo: .....canal escavado em solo

Largura: .....	25,00 m
Extensão: .....	72,00 m
Volume de escavação comum: .....	13.200,00 m <sup>3</sup>
<b>Muros de Contenção Lateral</b>	
Material: .....	concreto estrutural
Altura máxima: .....	5,50 m
Extensão: .....	155,00 m
Comp.na margem direita: .....	155,00 m
Comp. na margem esquerda: .....	155,00 m
Volume de concreto estrutural: .....	760,00 m <sup>3</sup>
Volume da laje: .....	460,00 m <sup>3</sup>
<b>Bacia de Dissipação</b>	
Extensão: .....	25,00 m
Largura: .....	18,00 m
Material: .....	concreto armado
Volume de concreto estrutural da laje: .....	360,00 m <sup>3</sup>



## 4 - MANUAL DE MANUTENÇÃO

## 4 - MANUAL DE MANUTENÇÃO

### 4.1 - DEFINIÇÕES, CONCEITOS E RESPONSABILIDADES

Ao se preparar um manual de manutenção é indispensável, para servir de orientação às equipes que ficarão encarregadas de realizar essa tarefa, delicada e muito importante, que sejam feitas algumas definições básicas com respeito à obra.

**Responsável** – o proprietário (e o concessionário quando designado) é o responsável pela segurança da barragem em todas as suas fases, isto é, construção, comissionamento, operação e eventual abandono, respondendo pelas conseqüências de eventuais incidentes e acidentes.

**Acidente** – evento correspondente à ruptura parcial ou total da obra e/ou sua completa desfuncionalidade, com graves conseqüências econômicas e sociais.

**Bacia Hidrográfica** – área da superfície que é drenada para um ponto específico, tal como um reservatório, também conhecida como área da bacia hidrológica.

**Borda Livre** – distância vertical entre a maior cota da superfície junto à barragem e a cota mais baixa do topo da barragem ou outra estrutura de contenção.

**Capacidade do Reservatório** – capacidade bruta total do reservatório em seu nível máximo de armazenamento.

**Cheia Afluente de Projeto (CAP)** – cheia afluente para o qual a barragem e suas estruturas associadas, são projetadas.

**Confiabilidade** – probabilidade de desempenho satisfatório de um dado elemento do empreendimento.

**Conseqüência de Ruptura** – impactos a montante e a jusante da barragem, resultantes da sua ruptura ou das estruturas associadas. Uma escala de conseqüências adversas que poderiam ser causadas pela ruptura de uma barragem, podem ser utilizadas para classificação.

**Conseqüências Incrementais da Ruptura** – perdas incrementais ou danos que a ruptura da barragem pode infligir às áreas a montante, a jusante ou à estruturas da barragem, adicionais a quaisquer perdas que poderiam ter ocorrido para o mesmo evento natural, ou condição caso a barragem não tivesse rompido.

**Crista da Barragem** – cota superior da barragem, não se levando em conta qualquer abaulamento, meio-fio, parapeitos, defensas ou outras estruturas que não sejam parte da estrutura principal do barramento de água.

**Crista do Vertedouro** – parte superior da seção vertente do vertedouro.

**Dique Auxiliar** – barramento de qualquer tipo, construído numa sela topográfica ou ponto de cota baixa no perímetro do reservatório.

**Emergência** – em termos de operação de barragens, qualquer condição que coloque em risco a integridade de barragem e de vidas ou propriedades a jusante e requiera uma intervenção imediata.

**Estruturas Associadas** – estruturas e equipamentos locais, que não façam parte da barragem propriamente dita incluem estruturas tais como torres de tomada d'água, a casa de força, túneis, canais, condutos forçados, descargas de fundo, bacias de amortecimento, poços galerias, mecanismo de acionamento de comportas etc.

**Evento Extremo** – um evento que possui uma probabilidade de excepcionalidade anual muito pequena.

**Fundação** – maciço de rocha e/ou solo que forma a base de assentamento para uma barragem, diques e suas estruturas associadas.

**Incidente** – evento físico indesejável que prejudica a funcionalidade e/ou a inteireza da obra, podendo vir a gerar eventuais acidentes, se não for corrigido a tempo.

**Inspeção** – inspeção da barragem, diques e estruturas associadas, e suas fundações com a finalidade de se observar as suas condições de desempenho.

**Nível D'Água de Jusante** – nível d'água imediatamente a jusante da barragem.

**Nível Máximo Normal** – cota da superfície da água em seu nível máximo normal de operação em um reservatório.

**Ombreira** – parte da encosta contra a qual a barragem é construída.

**Dispositivo de Descarga** – combinação de estruturas de tomada d'água, condutos, túneis, dispositivos de controle de fluxo e dissipação de energia, que permitam a liberação da água do reservatório de uma barragem.

**Pé da Barragem** – junção da face de jusante ou montante, com a superfície da fundação.

**Plano de Ação Emergencial (PAE)** – documento que contém os procedimentos para atuação em situações de emergência, bem como os meios de comunicação e os mapas de inundação que mostrem os níveis d'água de montante e jusante e os tempos de chegadas das ondas de cheia, que poderiam resultar da ruptura da barragem ou de suas estruturas associadas.

**Precipitação Máxima Provável (PMP)** – maior precipitação pluviométrica para uma dada duração meteorologicamente possível, para uma dada área de tormenta em uma localização específica, em uma determinada época do ano sem levar em consideração tendências climáticas de longa duração. A PMP é uma estimativa e um limite físico conectado à precipitação que a atmosfera pode produzir.

**Probabilidade de Excepcionalidade Anual (PEA)** – é a probabilidade de que um evento de magnitude específica seja igualado ou superado em qualquer ano.

**Proprietário** – pessoas físicas ou jurídicas, incluindo uma companhia, organização, unidade governamental, concessionária, permissionária ou autorizada, corporação ou outra entidade, que detenha quer uma concessão, permissão, autorização ou licença governamental para operar a barragem, quer um título de propriedade legal sobre o local do barramento, barragem e/ou reservatório, o qual é responsável pela segurança.

**Reservatório** – lago ou volume de água acumulada por uma ou mais barragens e/ou diques, limitado por suas margens.

**Perigo Potencial** – ameaça ou condição em potencial que pode resultar de uma causa externa, por exemplo, as cheias com possibilidades de criar conseqüências adversas.

**Risco** – probabilidade e severidade de um efeito adverso para a saúde, para a propriedade ou para o meio ambiente. O risco é estimado por expectativas matemáticas das conseqüências de um evento adverso.

**Ruptura da Barragem** – perda da integridade estrutural, podendo ocorrer uma liberação incontrolável do conteúdo de um reservatório, ocasionada pelo colapso da barragem ou alguma parte dela.

**Segurança** – capacidade da barragem para satisfazer as exigências de comportamento necessárias para evitar incidentes e acidentes que se referem a aspectos estruturais, econômicos, ambientais e sociais.

**Sísmico Máximo de Projeto** – o sismo que resultaria da mais severa movimentação da fundação que a estrutura da barragem pode ser capaz de resistir, sem uma liberação incontrolável de água do reservatório.

**Tempo de Recorrência** – recíproca da probabilidade de excepcionalidade anual (PEA). Por um longo período de registro, o período de recorrência equivale ao tempo médio decorrido entre ocorrências de um evento igual ou superior a uma certa magnitude específica.

**Vertedouro/Sangradouro** – estruturas projetadas somente para permitir descargas d'águas do reservatório, tais como soleira vertente, canal, túnel etc.

#### 4.2 - PROGRAMAÇÃO DAS VISITAS DE INSPEÇÃO

Após a implantação da obra hídrica que desempenhará diversas funções tais como: abastecimento humano das comunidades da região, abastecimento animal dos rebanhos localizados nas proximidades do corpo hídrico, piscicultura, irrigação e lazer, além de servir como controlador de cheias e perenização, sempre que possível, do segmento do rio a jusante do lago. É necessário que ao longo da sua vida útil haja um funcionamento satisfatório da obra.

As barragens são obras encaradas como um ente vivo e por isso geralmente estão associadas a um elevado potencial de risco devido à possibilidade de um eventual colapso, com conseqüência catastrófica para as estruturas das próprias barragens, ao meio ambiente, com destruição da fauna e flora, e, principalmente, pelas perdas de vidas humanas.

Para monitorar o estado das obras e providenciar em tempo as medidas corretivas de forma a manter a obra sempre saudável e em perfeito estado de funcionamento diminuindo, se não melhor dizer, eliminando os riscos com acidentes pequenos ou grandes, é necessário que seja feito um planejamento de inspeções periódicas. O Bureau of Reclamation recomenda de uma forma geral que a freqüência das visitas seja no máximo de 5 em 5 anos podendo esse período ser menor dependendo do porte da obra, da complexidade e de avarias detectadas.

A primeira inspeção deve ser feita logo após o primeiro enchimento com sangria da barragem.

As visitas de inspeção devem ser feitas por uma equipe multidisciplinar com experiência comprovada, formada pelos seguintes profissionais.

- Engenheiro Geotécnico/Barragista;
- Geólogo de Engenharia;
- Engenheiro Hidráulico/Hidrólogo;
- Profissional de Meio Ambiente.

O Consórcio projetista recomenda que as inspeções na barragem Maranguape I sejam feitas no máximo de três em três anos.

A programação das visitas deve ser feita sempre alternando os períodos de nível mínimo e nível máximo do reservatório.

A cada visita de inspeção devem ser preparadas as condições logísticas tais como: alojamento e transporte, equipamento para a vistoria e preparação do programa de vistoria.

Após a conclusão da vistoria o relatório deve fazer referência ao nível do reservatório por ocasião da visita.

#### 4.3 - ELEMENTOS DISPONÍVEIS

As informações sobre uma obra hídrica, melhor dizendo, uma barragem começam a ser geradas já durante as fases de estudos e projetos. Em uma segunda etapa, mais ricas são as informações da construção que culmina com a preparação do projeto “As Built”. Em cada uma dessas fases deve ser formado um acervo fotográfico bastante rico em informações que possa mostrar cada detalhe delicado do sítio de implantação da obra e as dificuldades que surgirem durante a obra. Todo esse material tais como: fotografias, volumes de projeto e projeto “As Built” devem ser cuidadosamente guardados para servirem de análise sempre que algum problema surgir na obra e houver necessidade de se recorrer à memória passada.

Desse material pode-se verificar o tipo de solo de assentamento das fundações da obra, os locais de surgências no cut-off, a retirada de solos moles, a qualidade da compactação, os tipos de solos do maciço e cut-off, a qualidade dos concretos, etc.

## 4.4 - PRINCIPAIS PONTOS A SEREM VERIFICADOS NA INSPEÇÃO PARA AVALIAÇÃO

### 4.4.1 - Objetivo

O objetivo de uma avaliação de segurança é determinar as condições relativas à segurança estrutural e operacional da barragem, identificando os problemas e recomendando tanto reparos corretivos, restrições operacionais e/ou modificações, quanto as análises e os estudos para determinar as soluções dos problemas.

### 4.4.2 - Avaliações do Projeto, da Construção e do Desempenho

Os Projetos das Barragens e das Estruturas Associadas devem ser revistos para avaliar o desempenho atual das estruturas, comparando com o pretendido. Dados e registros da engenharia, originados durante o período da construção, devem ser revistos, a fim de determinar se as estruturas foram edificadas e projetadas ou se as revisões necessárias do projeto foram feitas em todas as situações normais ou imprevistas.

Uma vistoria do local e uma revisão dos registros da instrumentação disponíveis também devem ser efetuadas, para determinar o desempenho atual das estruturas.

Áreas perigosas, acomodações inesperadas, percolações ou vazamentos anormais, mau funcionamento dos equipamentos mecânicos e todas as outras observações relativas à segurança da barragem devem ser identificadas e registradas. Os resultados das observações das instrumentações e das análises podem revelar ou prever condições perigosas. O exame visual, durante a vistoria local, pode comprovar ou dissipar as apreensões resultantes de registros questionáveis da instrumentação.

O projeto original e os dados do projeto devem ser vistoriados, para determinar se todas as condições de carregamento aplicáveis foram levadas em conta. Os critérios de projeto devem ser revistos, para determinar se quaisquer novas condições no local tornaram necessárias alterações nos critérios relativos a cargas, vazões, etc.

São indícios de desenvolvimento de condições inseguras em potencial:

- Condições imprevistas nas fundações;
- Presença de percolação;
- Aceitação excessiva de injeção;
- Indicação de perigo ou acomodação do solo durante a construção.

Quaisquer ocorrências registradas ou observadas, incidentes ou mudanças relativas a barragens e associados devem ser vistoriadas por suas características, situação e idade. Muitos dos problemas são genéricos ou de natureza universal, independentemente do tipo de estrutura, ou da classe da fundação.

Rever planos e especificações, desenhos de construção e “As Built”, e relatórios de projeto para familiarização geral e compreensão das intenções.

Rever o projeto básico, inclusive planta de arranjo geral da barragem, seções transversais e de zoneamento, tratamento especificado para a fundação, e injeção. Observar quaisquer aspectos anormais ou omissões.

Rever os resumos de exploração, geologia e dados de sismicidade da barragem e do reservatório, e avaliar. Notar efeitos adversos potenciais de características geológicas conhecidas e aspectos que requeiram revisão mais pormenorizada. Avaliar características geológicas críticas, quando relacionadas com a segurança da barragem. Avaliar a adequação geral dos programas de exploração. Avaliar o potencial de liquefação dos solos da fundação.

Rever os procedimentos de ensaios de laboratório e os resultados.

Rever as propriedades do projeto dos materiais da fundação e da barragem de terra adotada, a comparar com os resultados de exploração de campo e de ensaios de laboratório, quanto à adequação. Avaliar a compatibilidade da barragem com a fundação.

Rever o resumo das análises de estabilidade, incluindo as condições operacionais e de carregamento analisadas. Notar quaisquer deficiências aparentes e/ou resultados anormais que apareçam.

Rever os desenhos e dados do projeto “As Built”, incluindo a configuração da fundação, previsões para drenagem, mudanças na construção, tipo e profundidade da trincheira de vedação (cut-off), descontinuidade da fundação, tratamento especial da fundação, etc., e avaliar seus efeitos potenciais no desempenho.

Rever reclamações de condições alteradas, memorandos de ação corretiva e ordens de alteração de construção. Avaliar sua relação com a segurança e desempenho da barragem e associados.

Rever as fotografias da construção.

Rever resumos dos resultados dos ensaios do controle da construção. Compara-los com os resultados da fase de exploração para projeto, com os resultados de ensaios e com as hipóteses de projeto. Comparar os resumos das propriedades dos

materiais e da fundação, determinados durante a construção, com os critérios gerais usados para o projeto. Avaliar a adequação dos critérios e provisões das especificações, do ponto de vista da segurança, com respeito a itens específicos, tais como:

- Controle da percolação;
- Capacidade e potencial de entupimento dos drenos da fundação e do interior;
- Potencial de erosão interna (piping) etc.

Avaliar os critérios de projeto e métodos de análises e suas relações com o presente estado-da-arte.

Avaliar se as especificações de construção, procedimentos e materiais estão compatíveis com as hipóteses gerais do projeto e condições conhecidas do local.

Avaliar a necessidade para instalações de instrumentação e avaliar a adequação da instrumentação para monitoração do provável desempenho operacional em geral ou, especificamente, os padrões comportamentais identificados.

Conduzir vistoria pormenorizada do local e vizinhanças. Notar e registrar quaisquer condições anormais ou suspeitas, tais como: nascentes, surgências, áreas reviradas etc. Observar núcleos de furos selecionados, se disponíveis.

Avaliar implicações dos resultados das revisões com respeito a possível falha catastrófica da barragem.

Identificar todos os documentos revistos. Listar, como referências, no relatório em preparo.

As superfícies externas de uma barragem de terra podem fornecer indicações do comportamento do interior da estrutura. Por este motivo, uma vistoria completa de todas as superfícies expostas da barragem deve ser feita. Devem também ser feitas vistorias de campo, quando o reservatório estiver cheio e a barragem de terra estiver igualmente sujeita às suas cargas máximas.

A barragem deve ser cuidadosamente vistoriada, em busca de quaisquer evidências de deslocamento, rachaduras, sumidouros, nascentes, pontos molhados, erosão superficial, buracos de animais, vegetação etc.

Uma visada ao longo do alinhamento do meio fio da barragem de terra, linhas de transmissão ou distribuição, cercas de proteção, canalizações longitudinais ou

outros alinhamentos paralelos ou concêntricos à barragem pode revelar a existência de deslocamento superficial. A crista deve ser vistoriada para se encontrar depressões que possam diminuir a borda livre. Os taludes de montante e de jusante e as áreas a jusante da barragem de terra devem ser vistoriados, à procura de qualquer sinal de protuberância ou outro desvio de planos lisos e uniformes. Quaisquer movimentos suspeitos, identificados por estes métodos, devem ser verificados por levantamentos topográficos.

As rachaduras na superfície de uma barragem de terra podem ser indicadoras de muitas condições potencialmente inseguras. Elas podem ser causadas por dessecação e retração dos materiais próximos à superfície da barragem; entretanto, a profundidade e a orientação das rachaduras devem ser definidas para melhor se entender suas causas. Aberturas ou escarpas na crista da barragem de terra ou nos taludes podem identificar deslizamentos. Uma vistoria rigorosa dessas áreas deve ser feita, para delinear a posição e extensão da massa deslizada. Rachaduras superficiais, próximas das zonas de contato dos encontros da barragem, podem ser uma indicação de recalque da mesma e, se forem bastante severas, podem desenvolver-se em um caminho de vazamento ao longo destas zonas de contato.

A face de jusante, o pé da barragem e áreas a jusante da barragem de terra devem ser vistoriadas em busca de pontos úmidos, bolhas, depressões, sumidouros ou nascentes que possam indicar percolação excessiva através da barragem. Outros indicadores de percolação são pontos moles, crescimentos anormais de vegetação. A água de percolação deve ser vistoriada para constatar quaisquer sólidos em suspensão e, se houver suspeita de dissolução, amostras da água de percolação e da do reservatório devem ser colhidas para análises químicas. A água de percolação deve ser analisada quanto ao sabor e à temperatura, para ajudar a identificar sua origem. Se forem localizadas áreas saturadas, elas devem ser estudadas para determinar se o(s) ponto(s) úmido(s) é(são) resultante(s) de umidade superficial, percolação na barragem ou outras origens. Áreas molhadas, nascentes e bolhas devem ser corretamente localizadas e mapeadas, para comparação com vistorias futuras. A percolação deve ser medida e controlada em base periódica, para assegurar que uma tendência adversa não se desenvolva e leve a uma condição insegura.

Os sistemas de drenagem devem ser vistoriados quanto a depósitos químicos, desenvolvimento de bactérias, deterioração, corrosão ou outras obstruções que possam entupir os drenos.

Complementando a vistoria da barragem com o reservatório cheio, a face de montante da barragem e a área do reservatório devem ser vistoriadas durante os períodos de nível baixo, quando as condições permitirem. Todas as faces de montante da barragem devem ser vistoriadas quanto à evidência de deslizamentos, sumidouros

ou deterioração dos taludes de proteção. Se os níveis de armazenamento não permitirem a vistoria, podem ser necessárias vistorias subaquáticas.

Todas as superfícies da barragem devem ser vistoriadas quanto a sinais de erosão excessiva. Causas de erosão, tais como: proteção de talude inadequada, excesso de chuvas, escoamento superficial concentrado, ou a presença de siltes ou de argilas dispersivas altamente erodíveis devem ser identificadas. As áreas adjacentes a todas as estruturas incorporadas na barragem devem ser vistoriadas quanto à erosão principalmente a que possa resultar em erosão interna (piping) através da barragem.

As superfícies da barragem de terra devem ser vistoriadas quanto a buracos de animais e vegetação. Qualquer vegetação que tenha sistema extenso de raízes ou que impeça uma visão clara da barragem ou das áreas de encontro deve ser removida. A vegetação nova e tipos de vegetação que requeiram grande quantidade de umidade são motivos de suspeita, porque podem indicar pontos úmidos na barragem. Uma diferença de cor notada dentro de uma área de um mesmo tipo de vegetação é uma boa indicação desses pontos. Fotografias infravermelhas podem detectar pontos úmidos em uma barragem.

As áreas críticas dos encontros e fundações são usualmente cobertas e não-disponíveis para uma vistoria direta. Por este motivo, importância especial deve ser colocada na revisão dos registros e documentos durante a preparação para a inspeção no local.

As características originais dos materiais da fundação e dos encontros, assim como quaisquer mudanças que possam ter sido reveladas durante a construção e a operação, devem ser avaliadas durante a revisão dos dados de instrumentação, lençol freático e percolações anteriores à vistoria do local.

A vistoria das partes a montante dos encontros e da fundação não é normalmente possível, por estar cheio o reservatório. Assim, a vistoria física é tipicamente limitada aos encontros, quinas e ao pé a jusante da barragem. Os túneis de injeção e de drenagem estão disponíveis para a vistoria. Porções das áreas de fundação de estruturas associadas podem estar expostas para vistoria. Características de desgaste pelo tempo de materiais típicos das fundações e encontros podem ser determinadas, a partir de cortes de estradas próximas ou outras escavações. Os efeitos da saturação do material de fundação são às vezes visíveis, quando expostos na zona de variação de nível do reservatório.

Indicações de percolação prejudiciais podem ser completamente óbvias ou muito sutis. Mudanças na vazão medida por drenos monitorados são imediatamente suspeitas, se ela aumenta ou diminui. Outras indicações das mudanças podem ser o aumento da frequência de operação da bomba de esgotamento e o desenvolvimento

de vegetação nova ou exuberante. Gráficos dos níveis de água nos poços de observação e piezômetros devem ser cuidadosamente verificados e comparados com o nível do reservatório e a precipitação local.

Quando a possibilidade de dissolução existe, amostras da água do reservatório e da percolação devem ser coletadas, para análise da sua qualidade, se tais dados não estiverem disponíveis. Tais análises podem identificar o material solúvel. Se a taxa de percolação puder ser determinada, a taxa de dissolução pode ser estimada.

#### **4.4.3 - Situação Geral das Estruturas de Concreto**

As estruturas de concreto da barragem, do vertedouro e obras de restituição desempenham funções hidráulicas e estruturais semelhantes; as técnicas e objetivos da vistoria são, portanto, semelhantes. As estruturas devem estar livres de todas as instalações não-autorizadas, tais como pranchões, que reduzem a capacidade de descarga através das estruturas. As superfícies de concreto devem ser vistoriadas quanto à deterioração causada por desgaste pelo tempo, tensões não-usuais ou extremas, reação química alcalina ou outra, erosão, cavitação, vandalismo, etc.

Todas as juntas de contração devem estar livres de vegetação. Os condutos devem ser vistoriados quanto a vazamento excessivo. Todas as passagens de água devem estar desobstruídas.

Todos os aterros adjacentes à estrutura devem ser vistoriados quanto a afundamento ou um acréscimo de profundidade causado por movimento do solo. Os contatos entre o aterro e a estrutura devem ser vistoriados quanto à evidência de erosão interna (piping). Todos os taludes de corte ou aterros adjacentes à estrutura devem ser vistoriados quanto a condições instáveis.

Atenção especial deve ser dada à possibilidade de que o material possa ser atirado para fora do canal ou de volta para dentro da estrutura durante a operação.

Todas as estruturas associadas que afetem a operação segura da barragem devem ser vistoriadas. As estruturas incluem o vertedouro, obras de restituição e canais de restituição.

Praticamente qualquer estrutura hidráulica é servida por canais de tomada e restituição, compostos de taludes cortados ou aterrados de solo ou rocha. A maioria dos vertedouros de solo ou capeados com rocha têm uma seção de controle de concreto ou de rocha para reduzir o potencial de percolação ou de erosão. Os canais de tomada e das obras de restituição estão normalmente submersos e podem requerer investigação subaquática especial.

Os canais devem ter taludes estáveis e serem livres de poças, deslizamentos e escombros. Os canais e taludes devem estar livres de todas as formas de crescimento de vegetação que obstruam a vazão. Os canais devem ser vistoriados quanto à evidência de sumidouros, bolhas ou erosão interna (piping). Os canais devem apresentar um espaço satisfatório em torno das tomadas d'água e estruturas terminais, de modo que as estruturas possam operar hidraulicamente como projetado. Os canais devem ser vistoriados quanto à evidência de correntes circulatórias destrutivas. Os canais de saída devem ser verificados quanto à excessiva degradação que possa, adversamente, afetar as características hidráulicas da estrutura terminal.

Rever e avaliar os seguintes itens relevantes para a segurança da barragem:

- Critérios de projeto com respeito aos requisitos hidráulicos e estruturais;
- Critérios operacionais, inclusive capacidade das restituições para reduzir ou esvaziar completamente o armazenamento do reservatório, em caso de emergência;
- Os estudos para definir a altura ótima do vertedouro;
- Verificação da adequação do sangradouro aos níveis das cheias hidrológicas milenar e decamilenar;
- Estado geral das estruturas, incluindo muro de contenção, paredes do vertedouro, estabilidade das fundações e erosões;
- Verificação do nivelamento do vertedouro e identificação de possíveis recalques;
- Estado geral dos equipamentos hidromecânicos.

#### 4.4.4 - Equipamentos Hidromecânicos

O equipamento mecânico hidráulico associado à tomada d'água deve ser operado sob as condições reais de utilização, para determinar se o equipamento se comporta satisfatoriamente. O equipamento deve ser verificado quanto à lubrificação adequada e operação suave, sem emperramento, vibração, e ruídos não-usuais.

As instruções de operação devem estar afixadas próximas aos equipamentos associados e verificadas quanto à clareza. Cada dispositivo operacional deve estar marcado, clara e permanentemente, para fácil identificação. Todos os controles de equipamentos devem ser verificados quanto à segurança adequada, de tal forma que pessoas não-autorizadas não possam operar ou manusear indevidamente o equipamento.

Escadas de acesso, caminhos e corrimãos devem ser vistoriados quanto a partes deterioradas ou quebradas, ou oxidadas, ou outras condições inseguras. Comportas-ensecadeiras (stop-logs), devem ser vistoriadas para determinar se estão disponíveis e em boas condições. A disponibilidade de equipamento para movimentar, suspender e colocar comportas-ensecadeiras e grades deve também ser verificada.

Durante e depois da vistoria local, devem ser mantidas discussões com o operador ou encarregado da barragem para determinar se há quaisquer condições operacionais inusitadas ou problemas com o equipamento. As discussões e a operação do equipamento devem ser usadas para verificar se o operador conhece o equipamento e está qualificado para operá-lo. Procedimentos de manutenção e de uso devem também ser discutidos para determinar se eles estão adequados e de acordo com os documentos que os requerem e os especificam.

#### **4.4.5 - Situação Geral do Reservatório e Acessos**

A bacia do reservatório, embora usualmente não afete, de maneira direta, a estabilidade da barragem, deve ser vistoriada quanto às características que possam comprometer a operação segura da barragem e do reservatório.

A região em torno do reservatório deve ser vistoriada quanto à indicação de problemas que possam afetar a segurança da barragem ou do reservatório. As conformações do terreno e estruturas geológicas regionais devem ser avaliadas. Devem ser vistoriadas áreas de extração de minerais e água do subsolo. A região deve ser verificada quanto a indicações de sedimentação, tais como: sumidouros, trincheiras e recalque de estradas e estruturas. A reação de outras estruturas na mesma formação pode fornecer informação acerca do possível comportamento da barragem e associados.

Sempre que uma vistoria é feita, o nível do reservatório deve ser registrado. Quaisquer níveis altos e baixos, dignos de nota, recentes, e qualquer invasão na bacia de cheia devem ser registrados.

Se as condições permitirem, a bacia do reservatório deve ser vistoriada nas ocasiões em que ela tiver nível baixo. Se isto não for possível, então vistorias subaquáticas dos locais suspeitos ou selecionados podem ser necessárias.

As superfícies da bacia do reservatório devem ser vistoriadas quanto a depressões, sumidouros, ou erosão das superfícies naturais ou revestimentos do reservatório.

A bacia do reservatório deve também ser vistoriada quanto à excessiva sedimentação que possa afetar adversamente o carregamento da barragem ou obstruir os canais de entrada para o vertedouro ou obras de restituição.

Deslizamentos, como entendidos aqui, incluem todas as formas de movimento de massa que possam afetar a barragem, associados, reservatório ou vias de acesso. Incluem áreas de deslizamentos ativos, inativas e potenciais que podem variar, desde pequenos rolamentos sobre o talude até movimentos de grande volume.

Áreas de deslizamentos podem muitas vezes ser identificadas e, possivelmente, delineadas por numerosos sinais de perigo ou movimento, os quais incluem escarpas, árvores inclinadas, áreas de vegetação morta ou morrendo, rachaduras de tensão, distorções das encostas das colinas, desalinhamento de elementos retos, invasão da vegetação marginal para dentro do reservatório e nascentes. A documentação das condições existentes utilizando fotografias é firmemente recomendada. Se for justificado, poderá ser requerido um levantamento da estabilidade do talude e do histórico do mesmo.

Deslizamentos de terra entrando num reservatório causam, na ocasião, uma onda superficial capaz de galgar a barragem, danificando seus associados, ou causando erosão excessiva em pontos críticos ao longo da borda do reservatório.

Características de interesse, de deslizamentos de terra, incluem: tamanho, orientação relativa à configuração do reservatório; distância da barragem, associados, diques ou seções críticas da borda; velocidade da falha; tipo de material; e mecanismo da falha.

As causas ou mecanismos que os desencadeiam podem incluir terremotos, depressão do reservatório, níveis desusadamente altos do reservatório, erosão por ação de ondas ou saturação proveniente de excessiva precipitação. O progresso em torno do reservatório pode resultar em mudanças do equilíbrio natural por alteração dos taludes, mudanças no padrão de drenagens e mudanças no nível do lençol freático. Os sinais de progresso podem incluir estradas de acesso, terraplenagem para áreas de lazer, desmatamento, pilhas de lixo, campos de secagem e obras de drenagem.

O tempo disponível durante uma vistoria típica de segurança de barragens é insuficiente para um exame em profundidade de cada área de deslizamento existente ou potencial do reservatório. Portanto, é necessária uma revisão para determinar as áreas que devem ser vistoriadas. A identificação de condições suspeitas deve induzir a uma recomendação da equipe para um estudo em profundidade a ser feito.

Escavações para a barragem, associados e estradas de acesso perturbam os taludes naturais e a drenagem estabelecida por tempos geológicos e, na maioria dos

casos, resultam numa condição menos estável. A presença de um reservatório invariavelmente muda o regime do lençol freático, o qual, por sua vez, afeta a estabilidade do talude. Enquanto o pessoal de operação está normalmente mais familiarizado com as condições na vizinhança da barragem ao longo das estradas de acesso comumente usadas, o pessoal pouco familiarizado com a área pode facilmente não notar ou compreender um sintoma de instabilidade do talude que se tenha desenvolvido lentamente. Pequenos rolamentos sobre o talude podem obstruir uma vala de drenagem, dando o lugar a empoçamento da enxurrada e eventual saturação dos taludes. Pilares de amarração e telas de arame imprópriamente confinado podem desprender-se, resultando em falhas de talude.

Os efeitos da precipitação extrema nas áreas de deslizamentos existentes e potenciais, ao longo das estradas de acesso, devem ser avaliados. Avaliações semelhantes devem ser feitas com relação aos taludes ao longo dos canais de tomada e de jusante, para determinar se as características de capacidade de vazão do vertedouro e obras de restituição estão adversamente afetadas. Taludes acima das estruturas de acesso e de controle, cuja falha possa impedir o acesso ao elemento, ou a operação dele, devem ser vistoriados.

A operação segura de uma barragem depende de meios de acesso adequados e seguros. Usualmente, o único acesso a uma barragem é por estrada. A estrada deve ser de construção para qualquer tempo, adequada para a passagem de automóveis e de qualquer equipamento requerido para o serviço da barragem, sob quaisquer condições de tempo. O material do piso deve ser adequado para suportar as cargas previstas. Os taludes de todos os cortes e aterros, ladeira acima e abaixo da estrada, devem ser estáveis em todas as condições. A superfície da estrada e dos tabuleiros das pontes deve estar localizada acima do nível máximo projetado das águas, para quaisquer cursos d'água adjacentes. Se a estrada de acesso não é capaz de servir satisfatoriamente durante uma emergência, meios alternativos de acesso devem ser prontamente obtidos, tais como helicópteros ou trilhas para equipamentos para qualquer terreno (jipe, por exemplo).

#### **4.4.6 - Avaliação Geológica e Geotécnica**

As áreas primárias de preocupação geológica são as bordas do reservatório, a estabilidade dos encontros, a percolação e os riscos de deslizamentos de terra. A análise geológica necessita, muitas vezes, localizar ou estabelecer conhecimento em pormenores, da estrutura da rocha, da sismicidade induzida e dos efeitos relacionados com sismos, e das propriedades geofísicas da barragem de terra e fundações. A análise consistirá de uma revisão de dados de, instrumentação, registros e relatórios de percolações passadas, movimentos de lençóis freáticos, estudo das propriedades dos materiais e estruturas, e interpretações de fotografia aérea por sensoriamento remoto.

Todos os dados de instrumentação disponíveis devem ser revistos durante a avaliação. Se não há dados ou se os dados disponíveis são limitados uma determinação é feita quanto à necessidade de instrumentação adicional para avaliar um problema potencial de segurança de barragem.

A estabilidade estática da barragem e da fundação será analisada quanto ao recalque, deslocamento e emudecimento excessivo. Dados tais como mapas geológicos, registros de perfuração, ensaios de laboratório, superfície freática e métodos de construção devem ser usados, quando disponíveis. Hipóteses de resistência baseadas nos tipos, gradações e ao cisalhamento, para análise, métodos de compactação dos materiais pressupõem que uma condição de resistência a longo prazo, consolidada e drenada, tenha sido atingida. Superfícies freáticas são estimadas, utilizando dados piezométricos, quando disponíveis, ou são estabelecidas, baseadas na zonificação da barragem e na configuração do talude. Análises de estabilidade devem ser normalmente executadas para uma condição de percolação estacionária.

A estabilidade à percolação de uma barragem e fundação é focalizada em itens tais como o aumento da percolação com o tempo, a presença de sumidouros, cavidades ou bolhas de areia, e utilizará registros de informações na avaliação. Análises de percolação, como as por gradientes críticos, por construção de redes de escoamento e por elementos finitos, são executadas quando necessárias e quando dados suficientes estão disponíveis. A integridade de controle da percolação dos filtros, drenos, coberturas e materiais de zonas de transição é também analisada.

Rever mapeamentos geológicos, plantas e seções transversais, mostrando todos os elementos da exploração e resumindo interpretações dos perfis de sondagem e geológicos, incluindo pelo menos a barragem, estruturas associadas, fontes de material e, se disponível, a geologia do reservatório. Deve ser dada especial atenção aos aspectos geológicos que influenciem considerações de projeto, tais como: zonas de cisalhamento, falhas, fraturas abertas; camadas, juntas, fissuras ou cavernas; deslizamentos de terra; variabilidade de formações; materiais compressíveis ou liquefatíveis; planos de estratificação fracos, etc.

Rever registros pormenorizados de exploração, inclusive condições litológicas e físicas dos materiais encontrados, dados de ensaio de água, resultados dos ensaios de penetração normal e outros ensaios de resistência, e frequência e tipos das amostras obtidas dos ensaios de laboratório.

Rever as partes geológicas de todos os relatórios relevantes do local, desde estudos preliminares de reconhecimento até os registros finais do “As Built”.

Rever fotografias aéreas do local e do reservatório.

Rever estudos geológicos regionais, publicados ou não, que sejam relevantes para a locação da barragem e do reservatório.

Examinar as características pertinentes da geologia da área nos locais da barragem e associados, locais de empréstimos e de bota-fora e, na medida do possível, na bacia do reservatório. Examinar núcleos representativos recuperados da exploração do local, particularmente das zonas indicadas nos testemunhos como sendo severamente quebradas, desgastadas pelo tempo ou altamente permeáveis.

#### **4.4.7 - Apreciação dos Estudos Hidrológicos**

Avaliar a capacidade do vertedouro para passar todas as cheias de projeto, sem colocar a barragem em perigo.

Rever as provisões (proteções, de troncos, contra-flutuantes etc) para conservar a entrada do vertedouro livre de obstruções.

Avaliar o amortecimento da cheia para determinar a possibilidade de galgamento da estrutura existente.

Avaliação em termos de reconhecimento dos riscos à jusante, conseqüentes da inundação, em caso de falha da barragem existente.

Revisão das condições da bacia a montante, particularmente para mudanças no uso, tais como: novos desenvolvimentos urbanos ou barragens de armazenamento.

Absorção, pelo reservatório, da hidrógrafa da PMP, usando hipóteses conservadoras.

Rever o resumo de dados hidrológicos contidos nos relatórios do empreendimento.

Rever os relatórios de projeto, manuais de operação e manutenção, planos e especificações de contrato relativas a vertedouro e instalações de restituição para familiarização com o projeto.

Rever os procedimentos e programas de operação sazonal da comporta.

Verificar a capacidade de acumulação de reservatório, incluindo batimetria e topo-hidrografia da área da bacia hidráulica, quando necessário.

Determinar ou reavaliar as vazões regularizadas do reservatório para diferentes garantias (100, 95, 90, 85 e 80). Este estudo deverá considerar a interferência com outros reservatórios (construídos e projetados), o que permitirá definir e avaliar o atendimento real da demanda para cada uso previsto para a barragem.

#### 4.4.8 - Instrumentação de Advertência, Segurança e Desempenho

Rever as instalações de instrumentação na barragem e na fundação e avaliar a adequação da instrumentação para monitoramento do desempenho operacional provável em geral ou para modelos de comportamento especificamente identificados.

Verificar:

- Piezômetros, marcos de referência de superfície e registradores de nível;
- Competência para o serviço;
- Acesso às estações de leitura;
- Tipo e localização adequada para a condição a ser observada;
- Necessidade de recalibragem;
- Leituras falsas, fontes e motivos;
- Leituras esporádicas de verificação durante as vistorias;
- Questionamento dos operadores, para determinar seu conhecimento do objetivo e funcionamento dos instrumentos.

Rever os registros da instrumentação e avaliar a significância dos resultados.

#### 4.4.9 - Alteração nas Características dos Materiais e Ocorrências Genéricas

Observar materiais defeituosos, inferiores, inadequados ou deteriorados.

Concreto:

- Reação agregado-álcalis, aspectos estranhos e rachaduras;
- Lixiviação;
- Abrasão;
- Lascamento;
- Deterioração geral e;
- Perda de resistência.

Rocha:

- Desintegração;
- Amolecimento e;
- Dissolução.

Solos:

- Degradação;
- Dissolução;
- Perda de plasticidade;
- Perda de resistência e;
- Alteração mineralógica.

Metais:

- Eletrólise;
- Corrosão;
- Corrosão sob tensão;
- Fadiga;
- Corte e ruptura e;
- Esfoliamento.

Vedações de juntas:

- Perda de plasticidade;
- Encolhimento e;
- Derretimento.

Observar as ocorrências genéricas quanto a suas características, localização e tempo de existência. Essas ocorrências são de natureza universal, a despeito do tipo de estrutura ou classe de fundação.

- Percolação e vazamento;
- Relação descarga-nível;
- Aumentando ou diminuindo;

- Turvação ou erosão interna (piping);
- Sólidos dissolvidos;
- Localização e formato;
- Temperatura;
- Gosto;
- Evidência de pressão;
- Bolhas e;
- Tempo de existência e duração.

#### Drenagem:

- Obstruções;
- Precipitados químicos e depósitos;
- Queda desimpedida e;
- Crescimento de bactérias.

#### Cavitação:

- Picotamento de superfície;
- Evidencia sonora;
- Implosões e;
- Bolsas de vapor.

#### Tensões e deformações – evidências e indícios.

#### No concreto:

- Rachaduras;
- Esmagamentos;
- Deslocamentos;

- Desvios;
- Cisalhamentos e;
- Fluência.

Rachaduras:

- Estiramentos;
- Contrações;
- Dobramentos e;
- Flambagens.

Na rocha e nos solos:

- Rachaduras;
- Deslocamentos;
- Recalque;
- Consolidação;
- Afundamento;
- Compressão e;
- Zonas de alongamento e compressão.

#### **4.4.10 - Levantamento das Entidades Civas Organizadas**

Deverão ser cadastradas as entidades civis cujas atuações interfiram nos usos e preservação dos recursos hídricos, listado, no mínimo, as seguintes informações:

- Nome e tipo de atuação;
- Localidades da atuação;
- Tempo de existência e;
- Composição/representatividade.

#### 4.4.11 - Relatório de Vistoria

Objetivo: Fornecer a documentação das atividades, constatações, conclusões e recomendações resultantes de uma vistoria de segurança da barragem. Emissão dentro de 30 dias corridos após a conclusão da vistoria.

Conteúdo: Data e cota de nível máximo histórico do reservatório e a descarga máxima histórica do vertedouro. Termos usuais:

- **Satisfatório:** Não são reconhecidas deficiências existentes ou potenciais de segurança. É esperado desempenho seguro sob todas as condições de carregamento previstas e eventuais.
- **Aceitável:** Não são reconhecidas deficiências existentes para as condições normais de carregamento.
- **Qualidade condicionalmente inferior:** Uma deficiência potencial de segurança da barragem é reconhecida para condições de carregamento anormais.
- **Qualidade inferior:** Uma deficiência potencial de segurança da barragem é claramente reconhecida para as condições normais de carregamento.
- **Insatisfatório:** Uma deficiência de segurança da barragem existe para condições normais.

Conclusões e recomendações: Parte mais importante do relatório.

#### 4.4.12 - Análise Técnica

- Avaliação da Hidrologia (rever os dados hidrológicos, critérios de cheias, precipitações, amortecimento de cheias, critérios de armazenamento, condição do vertedouro e descarregador de fundo);
- Avaliação Sísmica – rever;
- Avaliação Hidráulica;
- Avaliação da Geologia (rever mapeamentos geológicos, plantas e seções transversais, condições litológicas, dados geofísicos, níveis d'água, petrografia, geologia regional);
- Avaliação dos Problemas Geotécnicos e Estruturais;

- Avaliação das Conseqüências das Falhas e;
- Avaliação dos Materiais Empregados na Construção e Ensaio Realizados.

## 4.5 - PLANO DE AÇÕES EMERGENCIAIS

### 4.5.1 - Objetivo

O plano de ações emergenciais tem como finalidade a definição das ações que devem ser tomadas em situações em que surjam uns riscos potenciais de ruptura de uma barragem e que possa ensejar como resultado a perda de vidas humanas. O proprietário da barragem tem a responsabilidade de prevenir a população quanto a uma situação perigosa, porém esses alertas devem basear-se nas informações prestadas pelo proprietário ou pelo operador da barragem.

Deve-se ressaltar que a falta de regulamentos não isenta o proprietário da barragem da responsabilidade em elaborar, atualizar e seguir o Plano de Ação Emergencial.

### 4.5.2 - Identificação e Avaliação de Emergências

As principais situações de emergências da Barragem Maranguape I são as seguintes:

- Galgamento do maciço por deficiência do canal de sangria;
- Ruptura do maciço por instabilidade do talude;
- Formação de erosão interna;
- Ruptura do maciço pela ação de um sísmico.

### 4.5.3 - Ações Emergenciais

No caso do galgamento do maciço por deficiência do canal de sangria o operador deve avisar à população de jusante para evacuar a área.

No caso da ruptura do maciço por instabilidade do talude deve se observar que esse tipo de ruptura nunca escorra sobre um círculo que atravesse a barragem de montante para jusante e portanto há tempo para avisar à população de jusante.

No caso de formação de erosão interna (piping) o operador deve estar atento quanto ao aparecimento de surgências em jusante da barragem com carreamento de material. O procedimento inicial é fazer um filtro ou equilibrar a coluna de água lançando mão de um poço e daí submeter o problema a uma análise mais apurada para dar uma solução definitiva.

Finalmente no caso de um abalo sísmico a situação é mais complicada. No projeto foi feita uma análise de estabilidade levando em conta esta hipótese. A região não tem história de abalos sísmicos e mesmo se este vier com intensidade moderada a barragem resiste. Agora caso haja um grande abalo sísmico que bote a barragem abaixo, os efeitos serão catastróficos, pois não há como se preparar nem avisar à população, que já estaria sofrendo com a queda das casas.

#### 4.6 - MODELO DE LISTA DE INSPEÇÃO

A seguir apresenta-se um modelo de lista para a inspeção da Barragem, a ser efetuada por pessoal devidamente treinado. Sugere-se que a periodicidade da inspeção indicada seja semestral ou quando observados comportamentos anormais como surgências, erosões, elevação rápida do nível da água no reservatório etc.

#### DADOS GERAIS – CONDIÇÃO ATUAL

Barragem:	
Empreendimento:	
Região:	
Vistoriado por:	
Data da Vistoria:	
Estado operacional da vistoria:	
Superfície da água no reservatório:	ha
Armazenamento no reservatório:	m <sup>3</sup>
Nível máximo de operação – cota:	m
Cota máxima da superfície da água no reservatório:	m
Barramento:	
Tipo:	
Altura:	m
Comprimento da crista:	m
Descargas:	
Vertedouro:	m <sup>3</sup> /s
Obras de restituição:	m <sup>3</sup> /s

Canal:	m³/s
Tomada d'água:	m³/s

## LISTA PARA INSPEÇÃO FORMAL DA BARRAGEM

### Legenda:

SITUAÇÃO
<b>NA</b> – Não Aplicável
<b>NE</b> – Não Existente
<b>PV</b> – Primeira Vez
<b>DS</b> – Desapareceu
<b>DI</b> – Diminuiu
<b>PC</b> – Permaneceu Constante
<b>AU</b> - Aumentou
<b>NI</b> – Não Inspeccionado (Justificar)

NÍVEL DE PERIGO (NP) (*)
<b>0</b> – Nenhum
<b>1</b> – Atenção
<b>2</b> – Alerta
<b>3</b> – 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.

<b>A. ESTRUTURA 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 do (indicar o órgão responsável)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	
<b>Comentários:</b>									

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>B. BARRAGEM</b>										
<b>B.1. TALUDE DE MONTANTE</b>										
Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Rachaduras/afundamento (laje de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
<b>Comentários:</b>										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>B.2. COROAMENTO</b>										
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		
Árvores e arbustos	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		
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Desalinhamento do meio-fio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Ameaça de lavar barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
<b>Comentários:</b>										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>B.3. TALUDE DE JUSANTE</b>										
Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Rachaduras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de proteção granular	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta ou defeitos no revestimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Cavernas e buracos nas ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	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		
<b>Comentários:</b>										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>B.4. REGIÃO A JUSANTE DA BARRAGEM</b>										
Construções irregulares próximas ao leito do rio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Revenda	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		
<b>Comentários:</b>										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>B.5. INSTRUMENTAÇÃO</b>										
Acesso precário aos instrumentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Piezômetros entupidos ou defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Marcos de recalque defeituosos	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		
<b>Comentários:</b>										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>C. SANGRADOURO</b>										
<b>C.1. Canais de Aproximação e Restituição</b>										
Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Obstrução ou entulhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Desalinhamento dos taludes e muros laterais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Rachaduras no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Rachaduras ao concreto expostas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosões ou escorregamentos nos taludes	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosão na base dos canais escavados	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosão na área a jusante (erosão regressiva)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Construção irregulares (aterro. estrada, casa, cerca)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
<b>Comentários:</b>										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>C.2. Estrutura Fixação da Cota da Soleira</b>										
Rachaduras ou trincas no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Ferragem ao 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		
<b>Comentários:</b>										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>C.3. Bacia Amortecedora</b>										
Defeitos no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Juntas danificadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Deslocamento de placas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Deslocamento do menofrontal	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
<b>Comentários:</b>										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>C.4. Muros Laterais</b>										
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		
<b>Comentários:</b>										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>D. Reservatório</b>										
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		
<b>Comentários:</b>										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>E. Tomada D'Água</b>										
<b>E.1. Boca de Entrada e Stop-Log</b>										
Assoreamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Obstrução e entulhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Ferragem exposta na estrutura de concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Deterioração no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de grade de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeitos na grade	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Peças fixas (corrosão, amassamento da guia, pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Estrutura do stop-log (corrosão, amassamento, pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeito no acionamento do stop-log	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeito no ponto de içamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
<b>Comentários:</b>										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>E.2. Galeria</b>										
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 de junta	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		
Precriedade 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 de concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
<b>Comentários:</b>										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>E.3. Estrutura de Saída</b>										
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		
Defeitos de dispositivos de controle	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta ou 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		
Precariedade de acesso (árvores e arbustos)	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 grade de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
<b>Comentários:</b>										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>F. Medidor de Vazão</b>										
Ausência da placa medidora de vazão	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeitos no concreto corrosão da placa	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de escala de leitura de vazão	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Assoreamento da câmara de medição	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
<b>Comentários:</b>										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
<b>G. Estradas de Acesso</b>										
Estado do pavimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Obras de arte	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
<b>Comentários:</b>										

<b>OUTROS PROBLEMAS EXISTENTES</b>
<b>Comentários:</b>

<b>SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES</b>
<b>Comentários:</b>

**OBSERVAÇÕES:**

A inspeção aqui sugerida deve ser efetuada por pessoal devidamente treinado. Sugestão de periodicidade: semestral ou quando observados comportamentos anormais como surgências, erosões, elevação rápida do nível da água no reservatório etc.





## 5 - MANUAL DE OPERAÇÃO

## 5 - MANUAL DE OPERAÇÃO

### 5.1 - DESCRIÇÃO DA BARRAGEM E OBRAS COMPLEMENTARES

A Barragem Maranguape I é formada por um maciço de solo com cota do coroamento igual a 108,50 m e crista do vertedouro igual a 105,00 m. As obras complementares consistem num vertedouro formado por um perfil Creager, canal rápido, bacia de dissipação e canal escavado em solo. A captação é feita por uma tomada d'água com um tubo de 300 mm de diâmetro. A vazão regularizada é de 0,089 m³/s com 90% de garantia. O sangradouro tem 18,00 m de largura, a vazão milenar amortecida é de 100,00 m³/s. Para essa vazão a lâmina acima da crista do vertedouro é de 1,91 m. A vazão decamilenar amortecida é de 148,00 m³/s. Para essa vazão a lâmina acima da crista do vertedouro é de 2,48 m.

### 5.2 - DISPOSITIVOS DE OPERAÇÃO

A operação do lago será feita através de uma válvula borboleta com 700 mm de diâmetro. Como elemento de segurança existe um registro de gaveta e uma junta Dresser para montagem e desmontagem.

### 5.3 - OPERAÇÃO NOS DIVERSOS ESTÁGIOS

A água da Barragem Maranguape I terá entre suas finalidades o abastecimento humano através de adutora, portanto, mesmo na sangria do lago haverá retirada pela tomada d'água. No período de estiagem além da água do abastecimento humano será feita a retirada de água para os projetos de irrigação.

O nível mínimo de operação será a cota 90,00 m quando deve ser fechada a tomada d'água e mesmo a retirada do abastecimento humano para poder preservar as espécies de peixe.

A vazão a ser liberada pela tomada d'água pode ser feita pelo medidor de vazão triangular conforme as leituras na régua do tanque tranquilizador, conforme quadro abaixo:

VERTEDOURO TRIANGULAR, ISÓSCELES, PAREDE DELGADA E LISA			
$Q = 1,4H^{5/2}$			
$H(m)$	$Q(l/s)$	$H(m)$	$Q(l/s)$
0,00	-	0,25	43,75
0,05	0,78	0,30	69,01
0,10	4,43	0,35	101,46
0,15	12,20	0,40	141,67
0,20	25,04	0,402	143,45

$Q$  = vazão liberada;

$H$  = lâmina acima do vértice do triângulo.

No caso de operação emergencial a válvula deve operar completamente aberta. As vazões possíveis de retirar nos níveis são mostradas a seguir:

COTA (m)	VAZÃO (m³/s)	VELOCIDADE (m/s)
105,00	0,458	6,55
104,00	0,446	6,38
103,00	0,435	6,22
102,00	0,423	6,05
101,00	0,411	5,88
100,00	0,399	5,71
99,00	0,387	5,53
98,00	0,373	5,34
97,00	0,359	5,14
96,00	0,345	4,94
95,00	0,331	4,73
94,00	0,315	4,51
93,00	0,299	4,28
92,00	0,282	4,03
91,00	0,263	3,77
90,00	0,244	3,49

#### 5.4 - ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA DE OPERAÇÃO

A organização do sistema de operação vai depender das múltiplas utilidades que terá o lago. A princípio será feito um planejamento das diversas demandas e sua distribuição ao longo do ano. A partir dessas informações será preparado um calendário de retiradas que será cumprido pelo operador da barragem.

#### 5.5 - MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DA OPERAÇÃO

O monitoramento será feito pela leitura diária da régua limnimétrica com anotações e informação do nível do reservatório, bem como, do funcionamento da tomada d'água através da leitura de lâmina. As informações serão avaliadas em Fortaleza na unidade do órgão gestor da barragem que avaliará o volume disponível e a necessidade de alterar o programa de oferta.

#### 5.6 - PLANO DE CAPACITAÇÃO DO QUADRO DE PESSOAL RESPONSÁVEL

Toda a equipe responsável pela operação da barragem incluindo engenheiros e operários deve receber um treinamento antes de iniciar a operação do lago. Esse treinamento consiste em conhecer as características da obra, suas finalidades, limites de operação e programa de ofertas a serem atendidas. Esse plano de capacitação será promovido pelo o órgão gestor da obra.

## 5.7 - AVALIAÇÃO DOS CUSTOS RELATIVOS A OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

A avaliação dos custos de operação e manutenção inclui todos os custos com pessoal de operação e despesas com a manutenção. Estima-se um gasto de 0,5% do valor da obra por mês com essas despesas. A partir desse valor é possível fixar o custo do metro cúbico fornecido.