



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**

Procuradoria Geral do Estado

**BANCO INTERNACIONAL PARA RECONSTRUÇÃO
E DESENVOLVIMENTO - BIRD (BANCO MUNDIAL)**

**Ministério da Integração Nacional - MI
Programa Nacional de Desenvolvimento
dos Recursos Hídricos - PROÁGUA NACIONAL -
Acordo de Empréstimo N.º.: 7420-BR - BID**

**Governo do Estado do Ceará
Projeto de Gestão Integrada dos
Recursos Hídricos PROGERIRH II
Acordo de Empréstimo N.º.: 7630-BR**

**ELABORAÇÃO DO ESTUDO DE VIABILIDADE E DO PROJETO EXECUTIVO
DO EIXO DE INTEGRAÇÃO DA IBIAPABA/CE PARA CONSTRUÇÃO DAS
BARRAGENS LONTRAS E INHUÇU, DO CANAL/TÚNEL E DA
PENSTOCK/PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA - PCH.**

**ETAPA B4 – MANUAIS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA
MANUAL DE SEGURANÇA, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO
DA BARRAGEM LONTRAS**



Integração
Ministério da Integração Nacional



**SECRETARIA DOS
RECURSOS HÍDRICOS**
Governo do Estado do Ceará



**PROÁGUA
NACIONAL**



**BANCO
MUNDIAL**



EngeSoft
Engenharia e Consultoria Ltda.



Yibi
ENGENHARIA
CONSULTIVA S/S.

consórcio

Revisão : Abril/2013

Elaboração do Estudo de Viabilidade e do Projeto Executivo do Eixo de Integração da Ibiapaba/Ce (Para Construção das Barragens Lontras e Inhuçu, do Canal/Túnel e da Penstock/Pequena Central Hidrelétrica - PCH)

Etapa B4 - Manuais de Operação e Manutenção do Sistema

MANUAL DE SEGURANÇA, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA BARRAGEM LONTRAS

Dezembro /2012

ÍNDICE



ÍNDICE

Páginas

ÍNDICE	1
APRESENTAÇÃO	6
1 OBJETIVOS	9
2 RELATORIO SINTESE DO EMPREENDIMENTO	11
2.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO	12
2.2 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	15
2.3 PRINCIPAIS ESTRUTURAS E COMPONENTES	15
2.3.1 Barragem Principal.....	15
2.3.2 Sangradouro.....	17
2.3.3 Tomada d'água	20
2.3.4 Descarga de fundo	20
2.4 FICHA TÉCNICA.....	21
2.5 CURVA COTA X ÁREA X VOLUME	24
3 OPERAÇÃO.....	26
3.1 INTRODUÇÃO.....	27
3.2 PROCEDIMENTO DE OPERAÇÃO EM REGIME DE CHEIAS	27
3.2.1 Generalidades	27
3.2.2 Regras de Operação do Reservatório.....	27
3.2.3 Aspectos operacionais relativos aos equipamentos hidráulicos	31
3.3 PROCEDIMENTO DE OPERAÇÃO DE EMERGÊNCIAS.....	35
3.3.1 Acionamento em caso de emergências.....	35
3.3.2 Procedimentos e atribuições	36
3.4 CONTROLE DA QUALIDADE DE ÁGUA	38
3.4.1 Introdução.....	38
3.4.2 Monitoramento da Qualidade da Água	38
3.4.3 Fenômeno de eutrofização.....	44
4 INSPEÇÃO E MONITORAMENTO	53
4.1 INSPEÇÕES E CONSERVAÇÃO.....	54
4.1.1 Generalidades	54
4.1.2 Critérios de inspeção	55
4.2 INSTRUMENTAÇÃO (MONITORAMENTO).....	60

4.2.1	<i>Análise dos dados coletados</i>	62
5	MANUTENÇÃO	64
5.1	GENERALIDADES	65
5.2	PRIORIDADES DE MANUTENÇÃO	65
5.2.1	<i>Manutenção Imediata</i>	65
5.2.2	<i>Manutenção necessária em data mais próxima possível</i>	66
5.2.3	<i>Manutenção contínua</i>	66
5.3	ITENS ESPECÍFICOS DE MANUTENÇÃO	67
5.3.1	<i>Manutenção e Reparos de Barragem</i>	67
5.3.2	<i>Manutenção e Reparo de Enrocamento</i>	70
5.3.3	<i>Controle do Gado e Outros Animais de Porte</i>	71
5.3.4	<i>Controle de Roedores, Tatus, Formigas e Cupins</i>	71
5.3.5	<i>Controle do Prejuízo Causado pelo Tráfego</i>	72
5.3.6	<i>Manutenção dos Equipamentos hidromecânicos</i>	73
5.3.7	<i>Manutenção Elétrica</i>	75
5.3.8	<i>Limpeza</i>	76
5.3.9	<i>Manutenção no Concreto</i>	76
5.3.10	<i>Manutenção de Componentes Metálicos</i>	76

ÍNDICE FIGURA

Páginas

Figura 2.1 - Localização e acesso da barragem Lontras – Contexto estadual.....	13
Figura 2.2 - Localização e acesso da barragem Lontras – Contexto Local.....	15
Figura 2.3 - Seção tipo da Barragem Lontras	16
Figura 2.4 – Planta esquemática do sangradouro da Barragem Lontras	19
Figura 3.2 - Bacia hidrográfica - ocupação de matas e florestas.....	45
Figura 3.3 - Bacia hidrográfica - ocupação agropecuária	46
Figura 3.4 - Bacia hidrográfica - ocupação urbana	47
Figura 4.1 – Procedimento de leitura do piezômetro/medidor de nível d'água.....	60



ÍNDICE QUADRO

	Páginas
Quadro 2.1 - Tabela de Cota x Área x Volume da Bacia	24
Quadro 4.1 – Critérios e ações para operação a barragem.....	55
Quadro 4.2 – Classificação de magnitude	57



APRESENTAÇÃO



APRESENTAÇÃO

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

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

O documento aqui apresentado integra os serviços de consultoria para ELABORAÇÃO DO ESTUDO DE VIABILIDADE E DO PROJETO EXECUTIVO DO EIXO DE INTEGRAÇÃO DA IBIAPABA/CE (PARA CONSTRUÇÃO DAS BARRAGENS LONTRAS E INHUÇU DO CANAL/TÚNEL E PENSTOCK/PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA - PCH), objeto do contrato 02/PROGERIRH 2011 firmado entre o Consórcio ENGESOFT/IBI e a SRH/CE.

Referidos estudos visam promover o controle dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Inhuçu.

Conforme estabelecem os Termos de Referência contratuais, a finalidade principal com o desenvolvimento dos estudos contratados é aprofundar mais detalhadamente o atendimento às demandas de água das regiões de influências; proporcionar um aproveitamento racional das águas acumuladas nos reservatórios, para o abastecimento urbano e rural e para uso com o desenvolvimento da irrigação em áreas aptas a este tipo de atividade e para a geração de energia elétrica, caso esta se mostre viável.

O estudo é composto pelas seguintes Fases e Etapas:

FASE A: ESTUDO DE VIABILIDADE

- Etapa A1 - Relatório de Identificação de Obras - RIO
- Etapa A2 - Estudos de Viabilidade Ambiental - EVA do Sistema (Barragens Lontras e Inhuçu, Canal/Túnel e Penstock/PCH)
- Etapa A3 - Estudos Básicos e Concepções Gerais dos Projetos das Barragens, Canal/Túnel e Penstock/PCH
- Etapa A4 - Relatório Final de Viabilidade - RFV.

FASE B: PROJETO EXECUTIVO

- Etapa B1 - Estudos de Impactos no Meio Ambiente EIA / RIMA
- Etapa B2 - Levantamento Cadastral e Plano de Reassentamento das Barragens Lontras e Inhuçu.
- Etapa B3 - Projeto Executivo das Barragens Lontras e Inhuçu e do Perímetro de Irrigação.
- Etapa B4 - Manuais de Operação e Manutenção do Sistema
- Etapa B5 - Avaliação Financeira e Econômica Final do Sistema - Barragens, Canal/Túnel e Perímetro de Irrigação.

O documento ora apresentado se constitui de um modo geral, de um Manual de Segurança, Operação e Manutenção da barragem Lontras para auxiliar a operação do empreendimento na contratação dos serviços de inspeção, auscultação e manutenção civil e servirá de diretriz para a realização dos serviços.

O documento se desdobra nas seguintes partes:

- Procedimentos de operação em regimes de cheias
- Procedimentos de operação em emergências
- Controle da qualidade de água
- Inspeção e monitoramento
- Procedimentos de manutenção

1 OBJETIVOS

1. OBJETIVOS

O objetivo deste volume é apresentar as diretrizes básicas de utilização do Manual de Segurança, Operação e Manutenção das Estruturas Civas para a Barragem Lontras.

Este manual tem a finalidade de descrever o que, como, quando e onde fazer as atividades de inspeção e manutenção das estruturas. Isto auxiliará a operação do empreendimento na contratação dos serviços de inspeção e manutenção civil e servirá de diretriz para a realização dos serviços.

Assim será possível padronizar as atividades e anotações das ocorrências, para melhor análise da situação da barragem, gerenciamento e registro das informações, durante o período de operação do empreendimento.

Além, da Operação e manutenção, este manual também traz diretrizes básicas de segurança para o administrador, relacionando procedimentos de emergências a serem adotados em situações que possam levar risco a estrutura da barragem.



2 RELATORIO SINTESE DO EMPREENDIMENTO

2. RELATÓRIO SÍNTESE DO EMPREENDIMENTO

2.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A Barragem Lontras é parte integrante do Eixo de Integração da Ibiapaba, localizando-se na bacia do rio Inhuçu/Macambira. As obras integrantes da referida barragem de integração encontram-se integralmente inseridas no território da sub-bacia do Poti, afluente de primeira ordem do rio Parnaíba, mais especificamente na sua região de alto curso, no Estado do Ceará.

A Barragem Lontras será formada pelo barramento do rio Inhuçu, afluente do Poti, tendo sua bacia hidráulica abrangendo terras dos municípios de Ipueiras e Croatá. A barragem fechará o boqueirão existente imediatamente a montante da localidade de São José das Lontras, no município de Ipueiras, distando 15 km da sede do município de Croatá.

O acesso se dá a partir de Fortaleza tomando-se a BR-020 até a cidade de Canindé (113,0 km). Toma-se, então, a rodovia CE-257 por cerca de 181,0 km até a bifurcação com a CE-187. Percorre-se 17 km até a cidade de Ipueiras e 26,0km até uma estrada carroçável para acesso ao eixo da barragem, após um percurso de 18,0 km.

O acesso aéreo a área do empreendimento pode ser feito através dos aeródromos de Ipueiras, Ipu, Tianguá e Hidrolândia. O mapa de localização e acessos da área de abrangência do estudo encontra-se apresentado nas **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e 2.2.

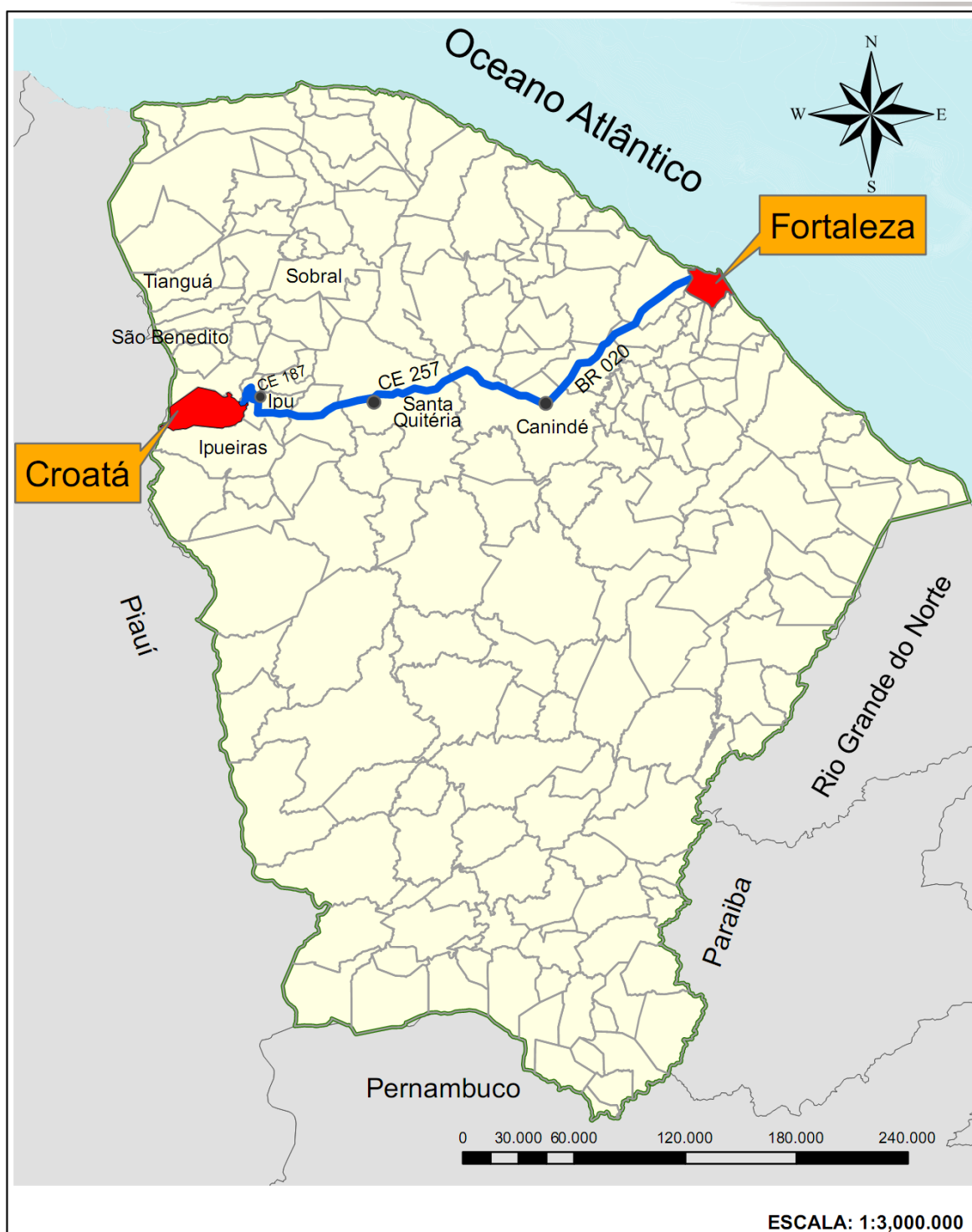


Figura 2.1 - Localização e acesso da barragem Lontras – Contexto estadual

Figura 2.2 - Localização e acesso da barragem Lontras – Contexto Local

2.2 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A obra tem como principal finalidade o abastecimento de água humano e animal não só da sede do município, como também dos demais distritos e povoados circunvizinhos. Além disso permite o desenvolvimento de atividades associadas à piscicultura extensiva e intensiva, irrigação, aproveitamento agrícola das vazantes nas margens do lago e, também, como elemento controlador dos picos de cheias nos invernos rigorosos.

2.3 PRINCIPAIS ESTRUTURAS E COMPONENTES

2.3.1 Barragem Principal

O maciço da barragem foi concebido como do tipo de enrocamento, com núcleo argiloso, com altura máxima de 57 m na cota 540,00 m, largura do coroamento de 9,00 m e extensão pelo coroamento de 1.150,00m, acumulando um volume de 347.130.000,00 m³.

O espaldare de enrocamento a montante foi definido com inclinação de 1,00 : 2,50 (v:h), ate a cota 515m, 1,00 : 3,00 (v:h), ate a cota 500, e 1,00 : 3,50 (v:h) para cotas inferiores a 500, e a jusante foi definido com inclinações a 1,00 : 2,00 (v:h),

A fundação é composta de um cut-off escavado, em profundidade variável, em rocha de arenito alterado ou de baixa coerência até um arenito coerente. O tratamento de fundação é composto de duas cortinas de injeção, atingindo 30 metros de profundidade, na zona central da barragem “cut-off”, numa extensão de cerca de 1040 metros, cujos os alinhamentos distam entre si em 4,50 metros. Também esta previsto a execução de duas cortinas de injeção, com afastamento de furos de 1,50 metros, alinhadas paralelamente as cortinas de contenção.

A figura a seguir é apresentada a seção tipo da barragem.

BARRAGEM LONTRAS – SEÇÃO TIPO
(SEÇÃO MÁXIMA)
ESTACA 32

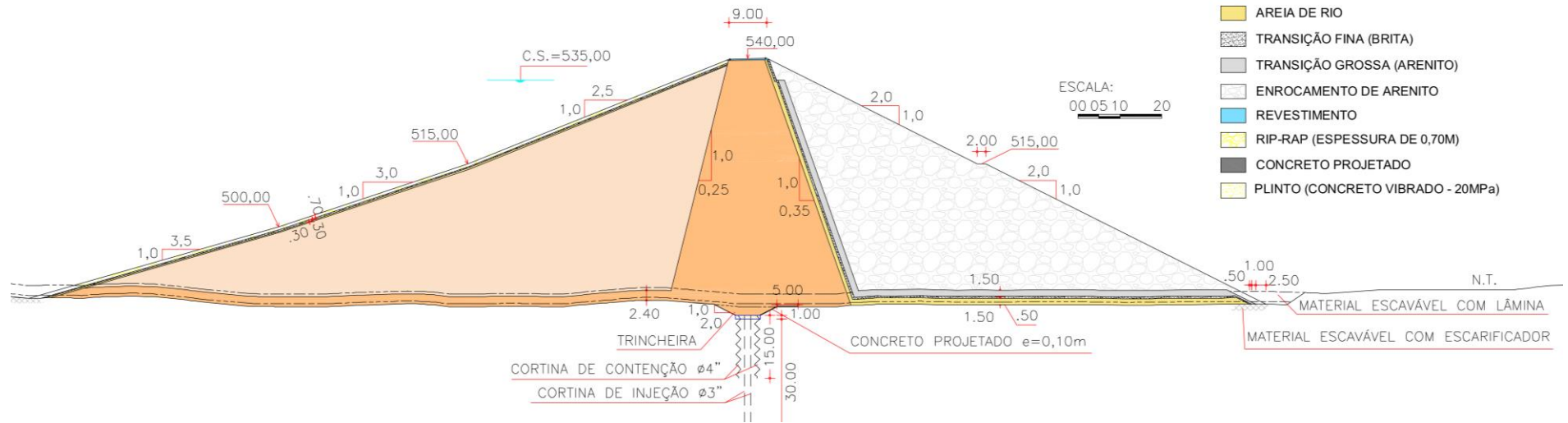


Figura 2.3 - Seção tipo da Barragem Lontras

2.3.2 Sangradouro

Concebeu-se o sistema de sangria composto de um canal curvo de aproximação, com 80 m de largura, e cerca de 112,47 m de extensão pelo eixo (da estaca 0M + 4,70 a 5M 12,47), situada na ombreira direita da barragem. O fundo do canal deverá ser nivelado na cota 532,00 m. O trecho entre o eixo e o muro lateral direito será totalmente escavado com corte de rocha, enquanto que o trecho entre o eixo e o muro lateral esquerdo será apenas parcialmente escavado;

Um muro vertente do tipo perfil Creager alinhado com o eixo da barragem, no seguimento reto representado pelas estacas -3+13.85 m a 1+13.85 m. A largura do perfil Creager é de 80 m, com crista na cota 535,00 m e base nivelada na cota 532,00. A jusante do pé do Creager há um trecho horizontalizado com aproximadamente 24 m de comprimento, finalizando na estaca J01 do eixo do sangradouro, a partir do qual nasce o primeiro canal rápido;

Entre a estaca J01 m e a estaca J13 desenvolve-se o primeiro canal rápido, inicialmente com eixo perpendicular ao eixo do perfil Creager, com largura constante de 80 m, que termina onde nasce a 1ª bacia de dissipação. A declividade do canal rápido neste trecho é de 11,49 % caracterizando regime supercrítico de escoamento

Entre a estaca J13 m e a estaca J20 m ocorre a 1ª bacia de dissipação. A primeira bacia de dissipação consiste em dois trechos horizontalizados com 50 m de extensão, desnivelados em 2 m, sendo o primeiro trecho horizontal assente na cota 505,00 m e, o segundo, na cota 507 m, havendo uma rampa adversa com 5% de inclinação entre os dois trechos horizontais. Esta configuração foi projetada para forçar a formação de ressalto hidráulico e permitir a quebra de velocidade e energia cinética entre o primeiro canal rápido e o segundo trecho de canal rápido;

Entre a estaca J20 e a estaca J31, se desenvolve o segundo canal rápido, com largura constante de 80 m, declividade constante de 10,69 %, com eixo retilíneo até a 2ª bacia de dissipação;

Entre a estaca J31 e a estaca J37+9,98 ocorre a 2ª bacia de dissipação, com dois trechos horizontalizados interligados por uma rampa em declividade adversa semelhantemente ao que ocorre na 1ª bacia de dissipação. O primeiro segmento horizontal (extensão de 50 m) é assente na cota 484,00 m e, o segundo (extensão de 40 m), na cota 486,00 m. O trecho em declividade adversa possui uma rampa de

5%, situando-se entre as estacas J33+10 m e J35+10. A finalidade da 2ª bacia de dissipação é também forçar a formação do ressalto hidráulico ao final da segunda rápida, garantindo a formação de regime subcrítico no trecho de restituição da água ao leito natural do rio Inhuçu;

A obra final de deságue da sangria no rio Inhuçu é um enrocamento nivelado na cota 486,00 m, a mesma da saída da 2ª bacia de dissipação, que permitirá estabilizar o leito do rio sob a influência da torrente líquida advinda do sangradouro.

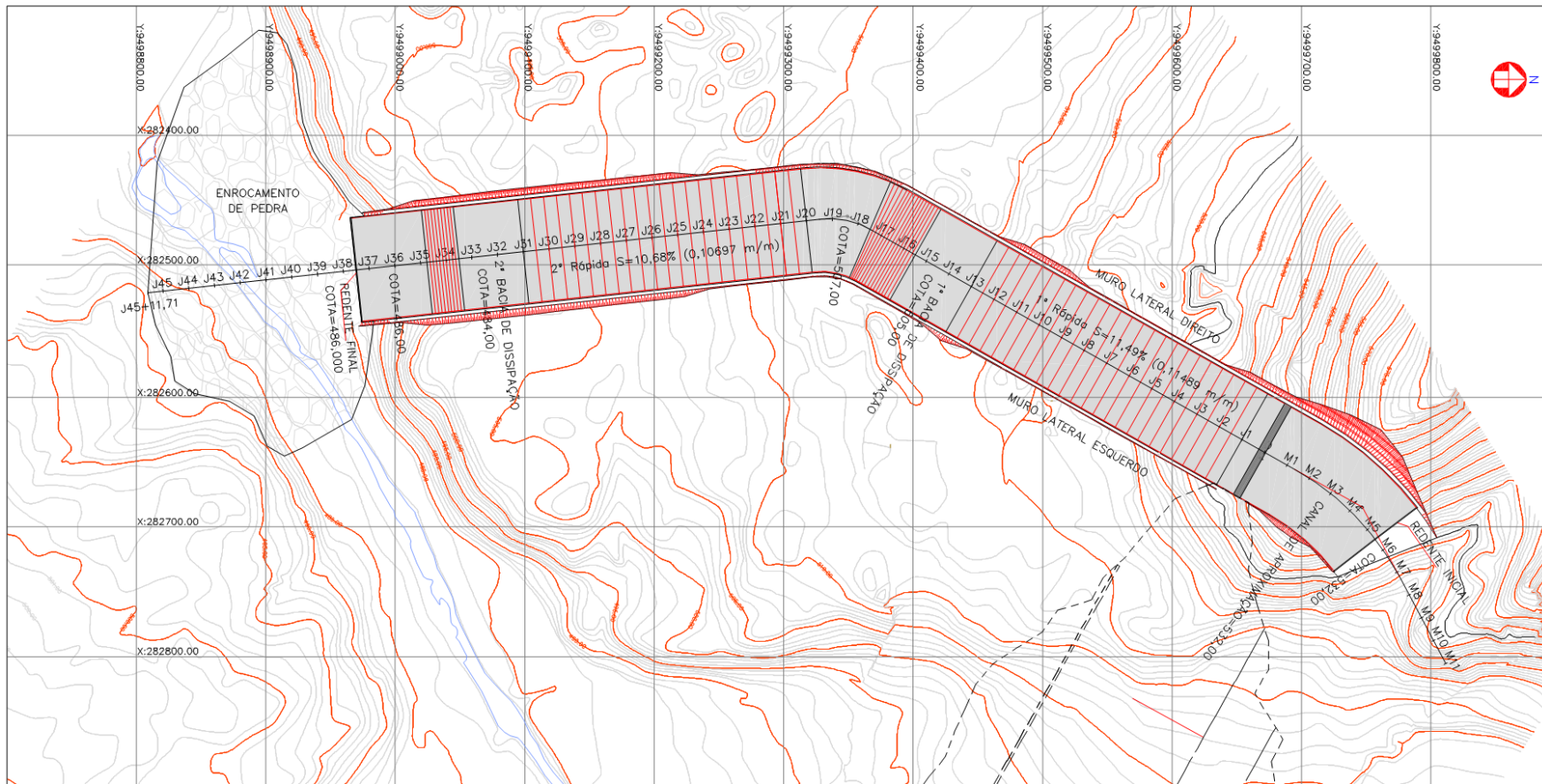


Figura 2.4 - Planta esquemática do sangradouro da Barragem Lontras

2.3.3 Tomada d'água

A tomada d'água será implantada na estaca 53+0,00. Ela consistirá de um tubo de aço ASTM-36 com diâmetro de $\phi=800$ mm. A tubulação será envolvida por uma estrutura de concreto armado, com altura de 2,00 m e base de 2,20 m, numa extensão de 162 m, formando o que se denominou de galeria da tomada d'água. A montante da galeria a tubulação se apoia no bloco de sustentação da torre de controle das comportas e a jusante adentra na caixa de acesso aos equipamentos de manutenção e controle e em seguida no bloco da casa de controle das válvulas. O eixo da galeria ficará na cota 508,00 m. O dimensionamento foi feito de forma que na cota 510,0 m, nível do volume de alerta, a galeria retire uma vazão de 1,0 m³/s.

2.3.4 Descarga de fundo

A Descarga de fundo localiza-se próximo ao leito do rio (estaca 34), e se compõe de uma estrutura em concreto armado formada por uma torre com galeria de dimensões 4,00m x 3,50m, e de uma tubulação medindo 1,80m de diâmetro, com 300,00m de comprimento.

2.4 FICHA TÉCNICA

A ficha técnica da Barragem Lontras é apresentada a seguir, mostrando as principais características da obra:

FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM LONTRAS	
IDENTIFICAÇÃO	
Denominação:	Barragem Lontras
Estado:	Ceará
Município:	Croatá
Coordenadas UTM:	E 283.197/ N 9.499.358
Sistema:	Rio Poti
Rio Barrado:	Inhuçu
Proprietário:	Estado do Ceará/SRH
Autor do Projeto:	Consórcio Engesoft/IBI
Data do Projeto:	Dezembro/2011
BACIA HIDROGRÁFICA	
Área:	1.414 km ²
Precipitação Média Anual:	729 mm
Evaporação Média Anual:	1775 mm
CARACTERÍSTICA DO RESERVATÓRIO	
Área da Bacia Hidráulica (cota 535,00 m):	2.088,94 ha
Volume Acumulado (Cota 535,00 m):	347,13 hm ³
Volume Afluyente Médio Anual:	173,5 hm ³
Volume Morto do Reservatório (Cota 508,00 m):	40,61 hm ³
Volume de Alerta (Cota 510,00 m):	50,74 hm ³
Vazão Regularizada (90%):	3,2 m ³ /s
Vazão Máxima Afluyente de Projeto (TR=1.000 anos)	2.097,8 m ³ /s
Vazão Max. De Projeto Amortecida (TR=1.000 anos):	827,1 m ³ /s
Vazão Máxima Afluyente de Verificação (TR=10.000 anos)	2.864,9 m ³ /s
Vazão Max.Verificação Amortecida (TR=10.000anos):	1.208,3 m ³ /s
Nível D'Água Max. Normal:	535,00 m
Nível D'Água Max. Maximorum (TR=1.000 anos):	537,80 m

FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM LONTRAS	
Nível D'Água Max. Maximorum (TR=10.000 anos):	538,60 m
BARRAGEM PRINCIPAL	
Tipo:	Mista de Terra e Enrocamento com núcleo argiloso
Altura Máxima:	57 m
Largura do Coroamento:	9,0 m
Extensão pelo Coroamento:	1.150 m
Cota do Coroamento:	540,00 m
Volume de Escavação (Fundação):	997.739,30 m ³
Volume de Solo::	3.646.959,38 m ³
Volume do Enrocamento:	1.631.168,07 m ³
Volume de Brita:	104.518,20 m ³
Volume de Areia :	202087,81 m ³
Volume de Transições Grossas:	170.642,06 m ³
Talude de Montante:	1,0 (V) : 2,5 a 3,5 (H)
Talude de Jusante:	1,0 (V) : 2,0 (H)
SANGRADOURO	
Tipo:	Canal revestido de concreto, com perfil Creager, rápidos e duas bacias de dissipação
Largura:	80,00 m
Cota de Sangria:	535,00m
Extensão Total do Canal de Restituição:	750 m
Vazão Máxima Prevista (TR=1.000 anos)	827,1 m ³ /s
Vazão Máxima Prevista (TR=10.000 anos):	1.208,3 m ³ /s
Lâmina Máxima Prevista (TR=1.000 anos):	2,80 m
Lâmina Máxima Prevista (TR=10.000 anos):	3,60 m
Borda Livre:	2,10 m
Volume Total de Escavação	830.286 m ³
TOMADA D'ÁGUA	
Tipo:	Tubo de Aço Envolto em Concreto
Localização:	Ombr. Esquerda / Est. 53+00
Número de Conduitos:	1 (um)

FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM LONTRAS

Diâmetro:	800 mm
Comprimento do Conduto:	162,0 m
Cota do eixo à Montante:	508,00 m
Cota do eixo à Jusante:	508,00 m
DESCARGA DE FUNDO	
Tipo:	Tubo de Aço em Galeria
Localização:	Ombr. Esquerda / Est. 34+00
Número de Condutos:	2 (dois)
Diâmetro:	1.800 mm
Comprimento do Conduto:	300 m
Cota do eixo à Montante:	485,40 m
Cota do eixo à Jusante:	485,40 m

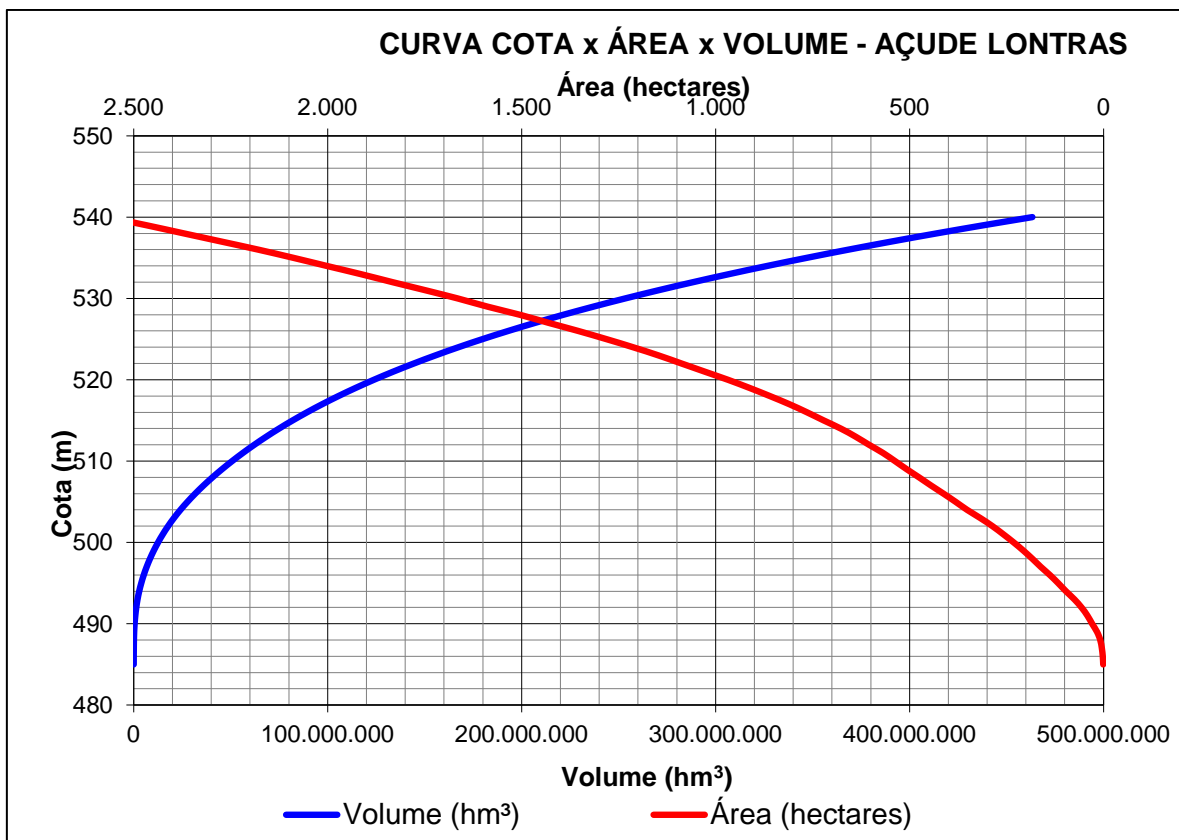
2.5 CURVA COTA X ÁREA X VOLUME

A curva Cota x Área x Volume e a Tabulação dos seus dados são apresentados a seguir:

Quadro 2.1 - Tabela de Cota x Área x Volume da Bacia

Cota X área X Volume- Barragem Lontras			
Cota (m)	Área (km2)	Área (m2)	Volume (m3)
485	0.01	7.507.07	3.754
486	0.02	19.033.30	17.024
487	0.04	43.459.00	48.270
488	0.08	84.079.26	112.039
489	0.17	166.756.60	237.457
490	0.29	293.589.53	467.630
491	0.42	415.094.57	821.972
492	0.57	565.886.21	1.312.462
493	0.75	751.012.22	1.970.912
494	0.97	969.016.50	2.830.926
495	1.17	1.170.164.80	3.900.517
496	1.38	1.384.073.99	5.177.636
497	1.62	1.618.200.40	6.678.773
498	1.84	1.836.561.29	8.406.154
499	2.07	2.067.000.09	10.357.935
500	2.32	2.315.854.72	12.549.362
501	2.58	2.582.002.84	14.998.291
502	2.86	2.862.247.10	17.720.416
503	3.18	3.176.634.10	20.739.857
504	3.51	3.514.064.26	24.085.206
505	3.81	3.814.477.91	27.749.477
506	4.13	4.125.594.80	31.719.513
507	4.45	4.447.087.28	36.005.854
508	4.76	4.755.223.11	40.607.009
509	5.07	5.073.348.61	45.521.295
510	5.38	5.375.331.27	50.745.635
511	5.68	5.684.768.82	56.275.685
512	6.04	6.042.059.37	62.139.099
513	6.39	6.388.673.09	68.354.466
514	6.77	6.772.064.16	74.934.834
515	7.21	7.212.410.08	81.927.071
516	7.64	7.644.246.66	89.355.400
517	8.10	8.101.175.05	97.228.111
518	8.60	8.602.332.81	105.579.864
519	9.13	9.127.013.13	114.444.537
520	9.68	9.682.715.73	123.849.402
521	10.28	10.281.628.16	133.831.574
522	10.88	10.877.341.32	144.411.059
523	11.48	11.475.139.60	155.587.299

Cota X área X Volume- Barragem Lontras			
Cota (m)	Área (km2)	Área (m2)	Volume (m3)
524	12.13	12.126.602.62	167.388.170
525	12.82	12.816.736.62	179.859.840
526	13.54	13.539.564.48	193.037.990
527	14.31	14.305.489.27	206.960.517
528	15.05	15.052.685.02	221.639.604
529	15.89	15.887.141.53	237.109.518
530	16.65	16.648.564.54	253.377.371
531	17.48	17.475.263.09	270.439.284
532	18.33	18.325.923.12	288.339.878
533	19.15	19.152.991.04	307.079.335
534	20.03	20.025.422.13	326.668.541
535	20.89	20.889.436.88	347.125.971
536	21.79	21.789.203.27	368.465.291
537	22.75	22.745.077.20	390.732.431
538	23.71	23.709.697.04	413.959.818
539	24.67	24.671.926.38	438.150.630
540	25.68	25.679.819.80	463.326.503



3 OPERAÇÃO



3. OPERAÇÃO

3.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, será detalhado os procedimentos de operação abordando os seguintes tópicos

1. Procedimentos para operação em regime de cheias
2. Procedimento de operação de emergências
3. Controle de materiais flutuantes e /ou entulhos
4. Controle da Qualidade de água
5. Previsão de Cheias

Nos tópicos a seguir serão detalhadas cada um desses procedimentos.

3.2 PROCEDIMENTO DE OPERAÇÃO EM REGIME DE CHEIAS

3.2.1 Generalidades

Durante a estação de cheias, deve-se acionar comportas e instalações com capacidades suficientemente necessárias para o descarregamento de vazões, até a Cheia Afluente de Projeto (CAP), mantendo em condições operacionais e especificados os procedimentos para a operação segura.

Qualquer restrição com relação à operação de comportas deve ser documentada.

O reservatório deverá ser operado de tal modo que a Cheia Afluente de Projeto possa ser seguramente controlada.

3.2.2 Regras de Operação do Reservatório

A tomada d'água da Barragem Lontras foi dimensionada para operar com uma vazão de até 4,74 m³/s (cota 601), contudo, a vazão a ser regularizada com garantia de 90% é de 3,20 m³/s, que em termos anuais significa uma retirada média de 100,9 hm³/ano.

A regra de operação estabelecida para definição da vazão regularizada pela barragem nos estudos executados não corresponderá, necessariamente, à operação

efetivamente implementada pelo órgão gestor do empreendimento (no caso a COGERH). Este definirá os volumes efluentes à barragem em função do seu planejamento e das decisões do Comitê de Usuários da Bacia local, contudo a regra de operação teórica definida apresenta-se como um referencial da capacidade de regularização hídrica do empreendimento.

Aspectos a serem observados na definição da regra de operação efetiva do açude Lontras:

- ✓ Sazonalidade das demandas de irrigação junto ao reservatório da barragem (principais demandas a serem atendidas pelo empreendimento);
- ✓ Operação integrada com a barragem Lontras;
- ✓ Necessidades de água para consumo humano, industrial e animal à montante do empreendimento;
- ✓ 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.

O Estado do Ceará atualmente conta com o Plano Estadual de Recursos Hídricos, o qual propõe um planejamento global de utilização dos recursos hídricos, com vistas a um equilíbrio dinâmico do balanço demanda versus disponibilidade, procurando impedir que a água venha a ser um fator limitante ao desenvolvimento econômico e social do Estado.

Para propiciar as condições de desenvolvimento sustentável 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 a 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 a 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 destinado 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 a utilização de vários instrumentos, tais como:

- ✓ Planejamento: visa realizar estudos na busca de adequar o uso, controle e preservação dos recursos hídricos às necessidades sociais e/ou governamentais identificadas na bacia hidrográfica;
- ✓ Operação: objetiva definir a liberação de águas de forma a atender a demanda (os usos), levando em consideração a oferta disponível e as características do reservatório;
- ✓ Monitoramento: tem a função de realizar o acompanhamento dos aspectos qualitativos e quantitativos da água, servindo de informação para auxiliar a tomada de decisão da operação;
- ✓ Manutenção: é importante na realização de estudos da situação física das estruturas hidráulicas, verificando a necessidade da recuperação e definindo planos de conservação para as referidas estruturas;
- ✓ Apoio à organização dos usuários: conscientizar/educar os usuários para que, de forma organizada, possam gerenciar, com o apoio técnico, este bem tão precioso da natureza.

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

Para facilitar a implementação da lei de recursos hídricos (Lei nº 11.996 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 tarifação d'água ficará a cargo da COGERH.

3.2.3 Aspectos operacionais relativos aos equipamentos hidráulicos

Os equipamentos 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 e a descarga de fundo responsável pelo esvaziamento do reservatório, melhoria da qualidade e prevenção contra o assoreamento do açude.

3.2.3.1 Tomada D'água e descarga de fundo

Nas estruturas de tomada d'água e descarga de fundo estão prevista a implantação dos seguintes elementos de controle/proteção: Grade, Comporta, registro de gaveta e Válvulas Dispersoras.

Os manuais contendo os procedimentos detalhados de operação a serem seguidos para todos os equipamentos eletromecânicos e hidromecânicos, deverão constar no escopo do fornecimento dos mesmos, ou seja, deverão ser fornecidos pelo fabricante dos equipamentos adquiridos.

A seguir apresentam-se os principais aspectos a serem observados em relação à operação dos equipamentos hidromecânicos da tomada d'água e descarga de fundo.

1) Grade:

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

A instalação e retirada para inspeção e manutenção da grade será efetuada a partir do topo da torre de tomada d'água, 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 será acoplada ao equipamento Talha/Trole que efetuará o içamento ou abaixamento da mesma (veja desenho BI-PE-06-08.23 do Projeto Executivo).

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 pelas válvulas borboletas e dissipadoras à jusante, a fim de evitar tensões não previstas na estrutura e equipamentos de içamento/abaixamento.

2) Comporta Vagão:

A Comporta Vagão será implantada na torre de tomada d'água imediatamente após a grade, com a função de interromper o fluxo na tomada d'água à 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 pelo topo da torre de tomada d'água, de onde a comporta será descida suavemente deslizando através de guias em aço chumbadas ao concreto da torre, suspensa por uma haste rígida e articulada a qual se encontra conectada à Talha/Trole de içamento. O Desenho BI-PE-06-08.23 do projeto Executivo apresenta a disposição da Comporta Vagão e dos outros equipamentos associados na torre de tomada d'água.

O acionamento da comporta será feito lentamente através da haste de içamento/abaixamento utilizando a talha elétrica instalada no topo da torre. A comporta deverá fechar sempre, sem que seja necessária força descendente proveniente do sistema de acionamento.

As especificações apresentadas no projeto executivo 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 válvulas da estrutura de jusante da tomada totalmente abertas, ou seja interromper o fluxo de uma vazão de 36,6 m³/s (correspondendo a uma velocidade de 14,4 m/s) sob uma carga hidrostática de 17,40 m.c.a. Entretanto, sempre que possível, a comporta deverá ser acionada após o fechamento completo das válvulas da estrutura de jusante, a fim de evitar a ação de esforços hidrodinâmicos excessivos sobre a comporta.

Em condições normais de operação o fluxo na seção da comporta corresponderá a uma vazão de 5,6 m³/s e uma velocidade de 2,2 m/s.

3) Registro de gaveta:

Será instalada um registro de gaveta à montante de cada uma das duas válvulas dispersoras, na estrutura de jusante da tomada d'água e descarga de fundo.

Os registros de gaveta têm a função de interromper o fluxo à montante de cada uma das válvulas dispersoras, permitindo a manutenção das mesmas. Como cada registro pode interromper o fluxo à montante de cada válvula dispersora, é possível o funcionamento da estrutura de dissipação com apenas uma das válvulas, bastando que para tanto se utilize o registro à montante da válvula dispersora a ser removida para interromper o fluxo nesse última.

Os registros podem ainda ser utilizadas para interromper o fluxo na tomada d'água em uma situação de emergência de não funcionamento das válvulas dissipadoras.

4) Válvulas Dispersoras:

Serão instaladas duas válvulas dispersoras de 600 mm na estrutura de jusante da tomada d'água e quatro válvulas de 1000 mm na estrutura da descarga de fundo, com a função de controlar a vazão efluente 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 à jusante nem da própria barragem.

O acionamento das válvulas será efetuado mecanicamente, devendo ser prevista a possibilidade de acionamento remoto.

Caso haja restrição à abertura total das válvulas 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 das válvulas e lâmpadas de sinalização no quadro de comando e condições de travamento, indicando e impedindo que a partir daquele nível d'água na barragem, as válvulas não poderão ser totalmente abertas;
- ✓ Instalar nas válvulas plaquetas indicativas visíveis 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 das válvulas e a vazão efluente 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 à montante.

3.3 PROCEDIMENTO DE OPERAÇÃO DE EMERGÊNCIAS

Neste capítulo, será apresentado alguns procedimentos Básicos para situações emergenciais em que a barragem possa vir estar sujeita. Não faz parte deste relatório detalhar estes procedimentos como é realizado num plano de ação emergencial – PAE, pois um trabalho desta natureza é carácter mais amplo.

Serão fornecidos procedimentos de operação para o esvaziamento do reservatório na eventualidade de um dano à barragem, incluindo as precauções necessárias para evitar danos às instalações e restrições à velocidade de rebaixamento.

3.3.1 Acionamento em caso de emergências

Deverão ser evitadas informações prematuras e inexatas a respeito do desenvolvimento da situação, a fim de impedir especulações e pânico, sendo de responsabilidade da COGERH, centralizar a veiculação de qualquer informação.

a) Situações de acionamento

O acionamento dos órgãos de Defesa Civil se dará em três situações:

a) Na fase denominada de “ATENÇÃO”, caracterizada no Quadro de Referência para Operação pela cor Verde, o aviso será de atenção com objetivo de manter a Defesa Civil a par da situação de anormalidade.

b) Na fase denominada de "ALERTA", caracterizada no Quadro de Referência para Operação pela cor Amarela, o aviso terá como objetivo manter a Defesa Civil alerta e mobilizada para enfrentar uma possível emergência, em função da constatação da possibilidade de risco ou da iminência da ocorrência de desastres.

c) Na fase denominada de “EMERGÊNCIA” caracterizada no Quadro de Referência para Operação pela cor Vermelha será dado o aviso para evacuação, caracterizando que a Defesa Civil deva atuar na região de emergência comunicada.

A atuação dos órgãos envolvidos nas ações de prevenção, socorro, assistência, reabilitação e reconstrução respeitarão a legislação pertinente e planejamento prévio de cada um deles, sob a coordenação do órgão de defesa civil local, nas fases denominadas de “ATENÇÃO” “ALERTA” e “EMERGÊNCIA”;

O fluxo de informações após o acionamento a partir da COGERH será de responsabilidade da Defesa Civil;

As fases de acionamento da Defesa Civil não devem ser confundidas com às dos Manuais de Operação relativos às estruturas e da operação do reservatório, que são distintas;

A COGERH deverá colaborar com as ações e atividades da Defesa Civil.

3.3.2 Procedimentos e atribuições

Serão apresentados a seguir os procedimentos e atribuições nas situações normais e anormais de operação do reservatório.

Atribuições Permanentes do Gestor da barragem:

- Anualmente, antes do período chuvoso, verificar as condições do Aproveitamento relatando quaisquer irregularidades ao Comitê de Emergência;
- As comportas do vertedouro deverão ser testadas imediatamente antes do período chuvoso;
- Manutenção, operação e segurança patrimonial da área da barragem, do vertedouro, e das áreas circunvizinhas à barragem;
- Operação segura e continuada, manutenção e inspeção das estruturas das instalações e da barragem;
- Preparação adequada para emergências, manutenção dos acessos, disponibilidade de equipes preparadas bem como de equipamentos;
- Manutenção dos meios de comunicação prevendo sempre alternativas devido a possíveis falhas que são comuns em emergências;
- Manter vigilância sobre todas as estruturas da instalação, principalmente nas mais distantes, contra possíveis ações predatórias de terceiros, incluindo animais.

Em situações NÃO normais de operação:

- O Coordenador responsável comunicará às autoridades locais, aos órgãos envolvidos a situação em andamento;
- O Gerente será o responsável pelo acionamento da Defesa Civil;
- A operação deverá garantir prioritariamente a integridade e a segurança da Barragem;
- A operação deverá se desenvolver objetivando a atenuação dos danos a jusante;
- A operação do reservatório deverá ser realizada considerando os interesses da comunidade, informando entidades, autoridades e órgãos aos quais compete prevenir e limitar riscos e perdas para aquela;
- Evitar retardar informações importantes para a população potencialmente envolvida, sem, no entanto causar precipitações que possam resultar em situações de pânico;
- Manter Comissão Interna de Emergência mobilizada durante a situação.

O Comitê de Operação em Emergência terá as seguintes atribuições principais:

Acompanhar a evolução da situação;

Definir prioridades quando houver medidas potencialmente conflitantes;

3.4 CONTROLE DA QUALIDADE DE ÁGUA

3.4.1 Introdução

A qualidade de uma determinada água é função do uso e da ocupação do solo em uma bacia hidrográfica. Desta forma devemos então considerar as condições naturais e a interferência do homem.

As condições naturais afetam a qualidade da água inicialmente como ar, ao incorporar na água o material que está suspenso como partículas de areia, polens de plantas, gases. Em seguida, tem-se o escoamento superficial no qual podem ser incorporados partículas de solo (sólidos em suspensão) ou íons provenientes da dissolução de rochas (sólidos dissolvidos). Neste caso tem uma influência o uso e ocupação do solo.

A interferência do homem está associada às suas ações sobre o meio, através da geração de resíduos domésticos e industriais, de forma dispersa (como a aplicação de defensivos no solo) ou pontual (lançamento de esgoto).

Temos aqui então a qualidade da água existente em contraposição à qualidade da água desejável para um determinado uso.

3.4.2 Monitoramento da Qualidade da Água

A poluição causada aos corpos d'água, conduz à necessidade de planos de prevenção e recuperação ambiental, afim de garantir condições de usos atuais e futuros, para diversos fins. Estes planos, além de medidas de acompanhamento de suas metas através de fiscalização, requerem para a sua proposição e efetiva implementação, dados que indiquem o estado do ambiente aquático. Para este fim são estabelecidos os programas de monitoramento da qualidade da água.

A água possui uma ampla variedade de constituintes que podem ser medidos nesses programas de monitoramento da qualidade relacionados à aspectos químicos, físicos e biológicos.

A seleção dos parâmetros de interesse depende do objetivo do estudo, investigação ou projeto, levando-se em consideração os usos previstos para o corpo d'água e as fontes potenciais de poluição existentes na bacia. Os parâmetros a serem considerados podem ser selecionados de acordo com as fontes potenciais e ainda para atender determinada legislação.

Ao longo do monitoramento da qualidade da água, um grande volume de dados é gerado. Estes dados devem ser sintetizados de forma a traduzir o estado atual e as tendências da água (se a qualidade está melhorando ou piorando).

Uma forma de agregação dos dados é o uso de indicadores. O indicador é uma característica específica da água, podendo ser física, química ou biológica. Ex: oxigênio dissolvido, carga de fósforo total, etc.

Os índices de qualidade de água são importantes no acompanhamento da qualidade, levando em conta que existem incertezas por detrás das variáveis que o compõem. Índice é a agregação de dois ou mais indicadores.

3.4.2.1.1 Impurezas Encontradas na Água

As impurezas presentes na água e que alteram o seu grau de pureza, podem ser rematados de maneira simplificada e ampla pelas suas características físicas, químicas e biológicas. Estas características podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água.

Características Físicas - Associadas geralmente à presença de sólidos que podem estar em suspensão, coloidal ou dissolvido.

Características Químicas - Podem ser interpretadas através das duas classificações: Matéria Orgânica ou Inorgânica.

Características Biológicas - Os seres presentes na água podem estar vivos ou mortos. Eles podem pertencer ao reino vegetal, animal ou protista.

3.4.2.1.2 Parâmetros de qualidade de água

Parâmetros Físicos:

a) Cor - responsável pela coloração da água, é constituída por material sólido dissolvido. Ela pode ser de origem natural (decomposição da matéria orgânica gerando ácido húmico e fúlvico ou pela presença de Fe ou Mn) ou de origem antropogênica (resíduos industriais como corantes ou esgotos domésticos).

Quando de origem natural, não representa risco direto à saúde, todavia a cloração da água contendo Matéria Orgânica (responsável pela cor) pode gerar produtos potencialmente cancerígenos (trihalometanos - ex: clorofórmio). A de origem industrial pode ou não ser tóxica,

b) Turbidez - representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. A fonte dela são os sólidos em suspensão que podem ser de origem natural (partículas de rocha, areia e silte, além de algas e outros minerais) ou antropogênica (despejos domésticos, industriais, microorganismos e erosão).

c) Sabor e Odor - o sabor é a interação entre o gosto (salgado, doce, amargo e azedo) e o odor (sensação olfativa). Os responsáveis são os sólidos em suspensão e sólidos ou gases dissolvidos.

Temperatura:

É medição da intensidade de calor, sendo originada de forma natural pela transferência de calor solo e ar (convecção e condução) ou pela radiação solar diretamente. Sua origem antropogênica são as iguais de torre de resfriamento e os despejos industriais.

A sua importância consiste no fato de que ela afeta a taxa das reações químicas e biológicas assim como a solubilidade dos gases (O₂ e H₂S)

d) Condutividade

É a capacidade da água transmitir a corrente elétrica pela presença de Íons (cátions e ânions). A sua origem é da dissociação de substâncias que se encontram dissolvidas na água.

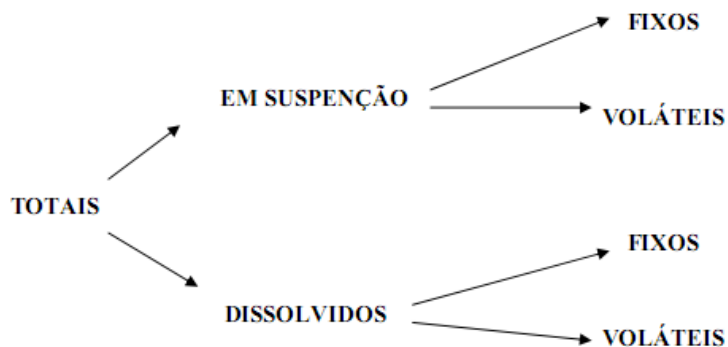
Para a sua medida é utilizado um condutivímetro que fornece o resultado em $\mu\text{s}/\text{cm}$ à uma dada temperatura, o que corresponde ao microOhms/cm.

e) Sólidos

Os sólidos presentes na água podem ser classificados de acordo com a:

a) seu tamanho/estado; b) suas características químicas; c) sua decantabilidade.

De uma forma geral temos:



Parâmetros Químicos

a) pH - representa a concentração de Íons, hidrogênio H⁺

(sem escala anti-logaritmica), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, a fonte de variação deste parâmetro são os sólidos e gases dissolvidos.

3.4.2.1.3 Índices de qualidade de água - IQA

Diversos parâmetros são determinados para analisar a qualidade da água. A qualidade da água não é um valor absoluto, e indica a adequabilidade para um determinado uso, a atividade humana tem seus próprios índices de qualidade de água.

Para acompanhar a evolução da qualidade da água de um corpo hídrico São adotados índices de qualidade da água, que resumem uma serie de parâmetros analisados num único número, facilitando a interpretação e possibilitando a qualidade da água.

Os índices também são uma forma de informação ao público, promovendo o entendimento entre a população leiga e as pessoas que gerenciam os recursos hídricos.

O índice de qualidade da água é obtido da agregação de dados fisico-químicos, bacteriológicos, químicos por meio de metodologias específicas. Representam a qualidade de água numa escala numérica, fornecendo um meio de julgar a efetividade de medidas de controle ambiental, podendo dar uma ideia geral da

tendência de evolução da qualidade ao longo do tempo, e também permite uma comparação entre diferentes corpos hídricos.

O cálculo do IQA é feito por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros (oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, fosfato total, alteração da temperatura, turbidez e sólidos totais), que são considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, segundo a seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Sendo n o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Com esse cálculo são traçadas curvas de valoração para cada parâmetro, que calcula uma “nota” (q_i) em função das suas respectivas concentrações e se especifica um determinado peso (w_i) em função de cada parâmetro. Determinando a escala de 0 a 100.

A tabela abaixo classifica os valores do IQA:

Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP	Avaliação da Qualidade da Água
80-100	Ótima
52-79	Boa
37-51	Razoável
20-36	Ruim
0-19	Péssima

Curva de valoração – pH, exemplo para uma Boa avaliação da qualidade da água

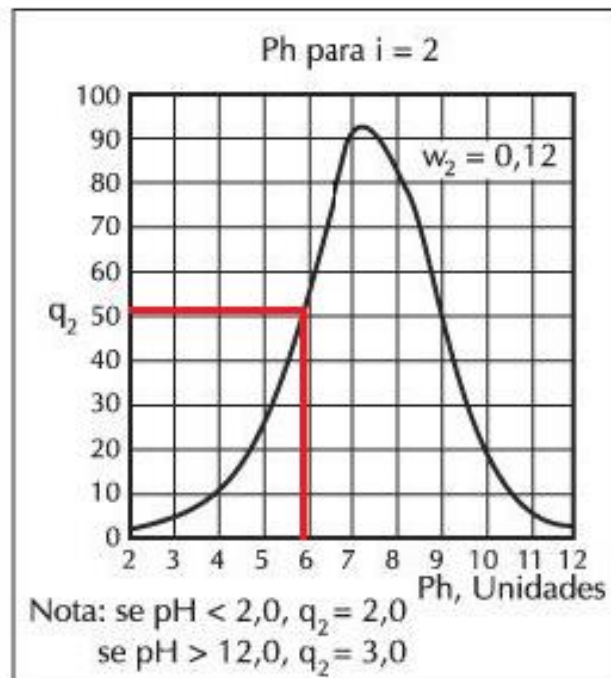


Tabela 3.1 – Parâmetros de qualidade de água

PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA	PESO (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO5,20	0,1
Temperatura da água	0,1
Nitrogênio total	0,1
Fósforo total	0,1
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

3.4.3 Fenômeno de eutrofização

O termo vem do grego, onde "eu" significa bom e "trophein", nutrir. Assim, eutrófico no sentido literal significa "bem nutrido", sendo a eutrofização um processo que resulta no incremento da concentração de nutrientes nos ambientes aquáticos, principalmente pelo excesso de nitrogênio(N) e o fósforo(P).

Na maioria das vezes em que a eutrofização ocorre, ela ocorre em corpos d'água lênticos como represas e lagos. Em águas lótic, como em rios, é mais difícil de ocorrer o processo, pois devido ao processo de autodepuração são menos favoráveis as chances de acúmulo de poluentes e crescimento de algas.

As formas de ocupação de uma bacia hidrográfica está diretamente relacionada ao nível de eutrofização. Quanto mais interferência humana existir maior a chance de gerar a eutrofização dos corpos d'água, isto é, a eutrofização está relacionada a ocupação irregular urbana e rural ao longo da bacia hidrográfica.

Em regiões de matas e florestas, há baixa ocupação antrópica. Na bacia hidrográfica a maioria dos nutrientes são retidos dentro de um ciclo quase fechado. As plantas, ao morrerem e caírem no solo sofre decomposição, liberando nutrientes. Numa região de matas e florestas, a capacidade de infiltração da água de chuva no solo é elevada. Em consequência, os nutrientes lixiviam pelo solo, onde são absorvidos pelas raízes das plantas, voltando a fazer parte da sua composição, e fechando, desta forma, o ciclo. O aporte de nutrientes ao corpo d'água é reduzido.

Pode-se considerar que o corpo d'água apresente ainda um nível trófico bem incipiente. (BRAGA, 2005).

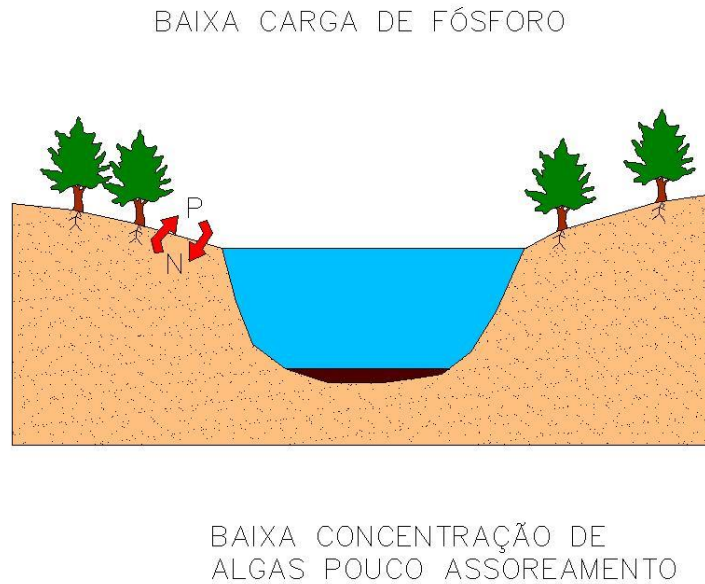


Figura 3.1 - Bacia hidrográfica - ocupação de matas e florestas

A remoção da mata ciliar para a introdução da agricultura e pastagens é um dos principais problemas de deterioração da qualidade da água.

Quando ocorre a redução da vegetação ciliar, o ciclo hidrológico é interrompido e a infiltração é prejudicada. Com isso aumenta-se o escoamento superficial o que torna o corpo d'água vulnerável á drenagem de poluentes. Também ocorre do agricultor, com o com o intuito de suprir a ausência de nutrientes das matas ciliares removidas, adiciona quantidade elevadas de fertilizantes artificiais, que podem escoar para dentro dos corpos d'água durante os períodos de chuva.

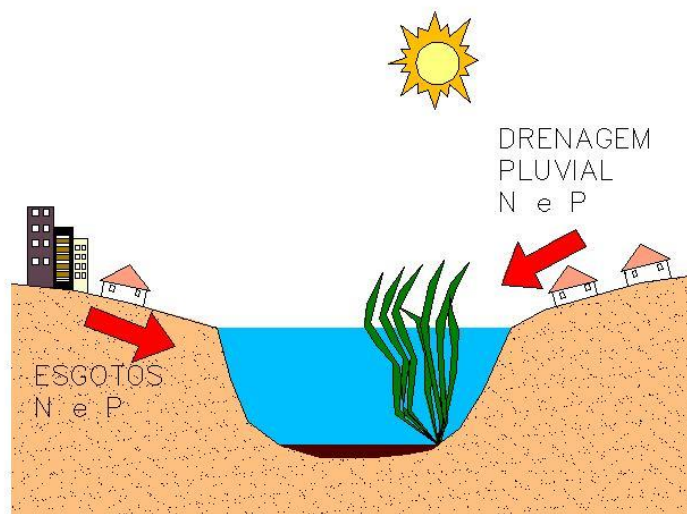


Figura 3.2 - Bacia hidrográfica - ocupação agropecuária

As maiores consequências para os recursos hídricos acontecem quando ocorrem as ocupações desordenadas, urbanas e industriais, ao longo da bacia. **Principais impactos são:**

- a) Assoreamentos: remoção da mata ciliar. A ausência da vegetação e a pavimentação do solo, faz com que ocorra a redução da capacidade de infiltração do solo, aumentando o escoamento superficial e com isso aumenta a entrada excessiva de poluentes.
- b) Drenagem pluvial: a drenagem urbana, que lava as cidades, transporta uma carga muito maior de nutrientes que os demais tipos de ocupação da bacia. Este aporte de nutrientes contribui para uma elevação no teor de algas na represa.
- c) Esgoto: Os esgotos é a interferência mais preocupante. Os esgotos contém fezes, urinas, restos alimentares além de detergentes, que possuem excesso de nutrientes (N e P), potencializando ainda mais o processo de eutrofização dos corpos d'águas.

ELEVADA CARGA DE FÓSFORO



ELEVADA CONCENTRAÇÃO DE ALGAS ELEVADO ASSÓREAMENTO
PRESENÇA DE MACROFITAS

Figura 3.3 - Bacia hidrográfica - ocupação urbana

Dentre os problemas que a eutrofização pode causar, podemos citar:

a) Diminuição da balneabilidade das águas:

Devido ao crescimento excessivo da vegetação aquática, ocorre a diminuição de contato primário em lagos e represas e o contato secundário também pode ser prejudicado, devido à dificuldade do transido de embarcações em lagos eutrofizados. Esse crescimento pode levar ao surgimento de insetos indesejáveis.

b) Condições anaeróbicas das águas:

O excesso de matéria orgânica e demais nutrientes (N e P) pode aumentar a concentração de bactérias aeróbicas que consumirão o oxigênio dissolvido (OD) das águas. Este consumo de oxigênio poderá levar à morte da biota aquática, além também, de gerar odores desagradáveis devido à geração do gás sulfídrico (H₂S). (SPERLING, 1996 e 2005).

c) Toxicidade pela amônia:

Outra possibilidade de morte à biota é através da toxicidade da amônia. Em condições de pH elevado (frequentes durante os períodos de elevada fotossíntese), a amônia apresenta-se em grande parte na forma livre (NH₃), tóxica aos peixes, ao invés de na forma ionizada (NH₄⁺), não tóxica. Desta, lagos e represas podem apresentar modificações na qualidade e quantidade de peixes com valor comercial. (SPERLING, 1996 e 2005).

d) Abastecimento humano e dessedentação animal:

Quando os lagos estão eutrofizados podem afetar o tratamento de água, pois encarece o processo de tratamento quando exige remoção de algas, cor, sabor e odor. Também pode ocorrer a rejeição do consumo por animais devido a possíveis secreções de algas tóxicas.

3.4.3.1 Verificação do grau de eutrofização pelo Índice de estado trófico – IET

O processo de eutrofização não é função exclusivamente da presença de nutrientes na água, sendo também controlado também por fatores físicos ambientais naturais, entre os quais são:

- 1- Temperatura da água
- 2- Regime hidrológico
- 3- Transparência

O estado trófico de um determinado corpo hídrico pode ser determinado através do levantamento das concentrações do nutriente limitante da clorofila-a, sendo que o nutriente denominado limitante é aquele que controla o crescimento das plantas aquáticas.

O fósforo, na sua fração inorgânica disponível, confere o nutriente limitante do crescimento de algas na maioria dos corpos de água doce. A clorofila-a, pigmento verde oriundo das algas, possibilita estimar a biomassa presente, sendo dessa forma o parâmetro mais comumente utilizado nos estudos de eutrofização.

Dentre os índices de estado trófico (IET) existentes tem-se o Índice de Carlson, modificado por Toledo, que é empregado pela COGERH como uma das ferramentas para identificar o estado trófico.

Sua utilização possibilita classificar corpos d'água em níveis de trofia, ou seja, avalia a qualidade de água quanto ao enriquecimento por nutrientes (Tabela 3.1).

Tabela 3.1- Classes para o Estado Trófico.

Tabela 3.2 – classificação dos índices de trofia

Estado Trófico	Especificação	Valores IET	P-TOTAL ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	Clorofila a ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)
Oligotrófico	Corpos de água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água	$\text{IET} \leq 44$	$P \leq 26,5$	$\leq 3,8$
Mesotrófico	Corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos	$44 < \text{IET} \leq 54$	$26,5 < P \leq 53$	$3,8 < \text{Cla} \leq 10,3$
Eutrófico	Corpos de água com alta produtividade, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, em que ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água e interferências nos usos múltiplos.	$54 < \text{IET} \leq 74$	$53 < P \leq 211,9$	$10,3 < \text{Cla} \leq 76,1$
Hipereutrófico	Corpos de água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, podendo ocorrer episódios de florações tóxicas e mortandade de peixes, com comprometimento acentuado nos seus usos.	$\text{IET} > 74$	$211,9 < P$	$76,1 < \text{Cla}$

Para o cálculo dos valores de IET podem ser empregadas equações envolvendo a transparência da água, as concentrações de fósforo e de clorofila-a. Nesse índice, a parte correspondente ao fósforo, deve ser entendida como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo. A parte correspondente à clorofila-a, por sua vez, deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas que tem lugar em suas águas (CETESB, 2002).

Num corpo hídrico, em que o processo de eutrofização encontre-se plenamente estabelecido, o estado trófico determinado pelo índice da clorofila-a, certamente coincidirá com o estado trófico determinado pelo índice do fósforo. Já nos corpos hídricos em que o processo esteja limitado por fatores ambientais, como a temperatura da água ou a baixa transparência, o índice relativo à clorofila-a irá refletir esse fato, classificando o estado trófico em um nível inferior àquele determinado pelo índice do fósforo.

A Tabela 3.2 complementa as informações da tabela anterior, fornecendo características de reservatórios e açudes para cada uma das classes tróficas.

Tabela 3.3 - Caracterização de açudes para os diferentes níveis de trofia

Característica	CLASSES TRÓFICAS			
	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Nutrientes	Baixa concentração, ciclagem lenta	Média concentração, ciclagem lenta	Alta concentração, ciclagem acelerada	Muito alta concentração, ciclagem acelerada
Iluminação	Alta transparência	Transparência limitada por turbidez abiogênica/biogênica	Transparência limitada por turbidez biogênica	Transparência altamente limitada por turbidez biogênica
Biomassa	Reduzida	Média	Alta	Bastante alta
Microalgas	Baixa	Variável	Alta	Bastante alta
Macrófitas	Baixa	Variável	Alta ou baixa	Baixa
Produção	Baixa	Média	Alta	Alta e instável
Oxigênio no epilímnio	Normalmente saturado	Variável em torno da supersaturação	Frequentemente supersaturado	Instável, de supersaturado a atóxico
Oxigênio no hipolímnio	Normalmente saturado	Variável abaixo da saturação	Abaixo da saturação ou completamente ausente	Bastante instável, de supersaturado a ausente
Prejuízo aos usos múltiplos	Nenhum	Baixo	Alto	Bastante alto

3.4.3.2 Processos de controle da eutrofização

Para se recuperar uma área eutrofizada existem certas medidas preventivas e corretivas. As preventivas são aquelas medidas que são aplicadas diretamente na bacia hidrográfica e as corretivas são as que se caracterizam por serem coes diretas no lago ou represa. As ações preventivas são usualmente mais baratas e eficazes que as corretivas, logo espera-se que essa prevaleça.

3.4.3.3 Medidas preventivas

Compreendem a redução do aporte de fósforo através de atuação nas fontes externas.

Controle dos esgotos

Para reduzir a geração de efluentes contendo N e P, é a aplicação do tratamento de esgoto em nível terciário que visa criar um polimento no esgoto após o tratamento secundário.

O tratamento secundário convencional dos esgotos só poderá ser feito se o lançamento seja a jusante da represa, de preferência em um curso de água lótico, que possa favorecer o processo de autodepuração. Outra forma de conter a eutrofização de lagos e represas é a exportação destes efluentes para outras bacias hidrográficas, que possuam águas mais lóticicas e sendo assim, sejam menos suscetíveis a eutrofização.

Por último, o tratamento de efluentes seguido de lançamento controlado no solo, pode ser uma alternativa para o uso de N e P como fertilizantes.

Controle da drenagem urbana

Com relação as formas preventivas, pode-se destacar primeiro o controle de uso e ocupação do solo, evitando a intervenção antrópica próximo as margens. Além disso, a recuperação de matas ciliares através das definições impostas pelo código florestal brasileiro (Lei 4775 de 1965 e suas alterações) pode contribuir para a redução do processo de eutrofização dos corpos d'água.

A COGERH como órgão responsável pela operação do reservatório deve adotar medidas de fiscalização para garantir o controle de esgotos entorno do açude, principalmente na região urbana de croata.

Vistoria das margens da área de proteção ambiental - APP

Outra medida preventiva é fazer regulares vistorias entorno do lago para verificar a existência de plantios dentro da APP, construções de balneários ou mesmo construções irregulares.

3.4.3.4 Medidas corretivas

Existem algumas medidas corretivas para melhoria do grau de eutrofização da água, como:

Aeração: a aeração tem como finalidade, oxigenar os corpos d'águas, e desta forma, recuperar as condições aeróbicas.

Desestratificação: Consiste em realizar a injeção de ar comprimido ou oxigênio nas águas (camadas mais profundas) favorecendo a circulação de todo o corpo d'água.

Remoção dos sedimentos: Realização da dragagem para a remoção das camadas superficiais do sedimento.

Cobertura dos sedimentos: Realizada a cobertura do sedimento com material plástico. Medida utilizada para impedir a liberação de nutrientes das camadas mais profundas.

Retirada de águas profundas: Substituição das águas profundas por águas de camadas superiores, mais ricas em oxigênio, reduzindo o acúmulo de nutrientes no hipolimnio.

Remoção de macrófitas: Remoção por processos naturais.

Sombreamento: Arborização, proteção com anteparos, aplicação de material sobrenadante com o objetivo de reduzir a incidência da luz solar.

Deve-se destacar que muitos destas medidas tornam-se muito onerosas para serem aplicadas para reverter o processo de eutrofização de um açude, observando assim a importância das medidas preventivas que foram mencionadas neste capítulo.

Algumas medidas como liberação de água pela descarga de fundo durante o período de inverno são uma boa forma de implementar a medida de retirada de águas profundas e retirada da cobertura de sedimentos.

4 INSPEÇÃO E MONITORAMENTO



4. INSPEÇÃO E MONITORAMENTO

4.1 INSPEÇÕES E CONSERVAÇÃO

4.1.1 Generalidades

Durante o nível de Observação são realizadas inspeções periódicas de campo na barragem, demais estruturas (sangradouro, tomada d'água, descarga de fundo, etc.) e área do reservatório.

As inspeções periódicas de campo e os resultados da leitura de eventuais instrumentos permitirão avaliar as condições de segurança da obra, devendo ser realizadas por pessoas treinadas para executar esta tarefa de modo eficiente.

Constatada alguma anormalidade no corpo do barramento, nas estruturas ou nas áreas adjacentes ao reservatório, bem como algum indício de problema a partir da análise dos resultados das leituras dos eventuais instrumentos, deflagra-se o nível denominado Atenção. Neste nível é exigida a inspeção da barragem por técnico especialista em segurança de barragem, preferivelmente geólogo e/ou engenheiro geotécnico.

No caso de constatação da possibilidade de ruptura do barramento ou em caso da própria ruptura sem sinais prévios, deflagra-se o nível Crítico do Plano de Operação, o qual prevê a adoção de medidas que visam tornar mínima a dimensão de consequências sociais e/ou econômicas nas áreas de jusante. Como no nível de Atenção, no nível Crítico do Plano de Operação da Barragem também é exigida a inspeção da barragem por técnico especialista.

O Quadro 3.1 apresenta, para cada nível previsto no Plano de Operação da Barragem, os correspondentes critérios de entrada, bem como as ações e medidas preconizadas. À manutenção da barragem são atividades auxiliares que correspondem as medidas e ações preventivas e corretivas destinadas a manter a integridade física da obra, por meio de reparos implantados a partir do momento em que são constatadas anormalidades, contudo serão abordadas no capítulo a seguir.

Quadro 4.1 – Critérios e ações para operação a barragem

Nível	Critérios de Entrada	Ações e Medidas
OBSERVAÇÃO	<p>Imediatamente após o enchimento do reservatório</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar inspeções de campo; - Leitura sistemática de eventuais instrumentos; - Acompanhamento do índice pluviométrico.
ATENÇÃO	<p>Observação de qualquer tipo de anormalidade, durante as inspeções de campo</p> <p style="text-align: center;">OU</p> <p>Indícios de problema a partir da análise dos resultados das leituras de eventuais instrumentos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Comunicar o empreendedor; - Solicitar avaliação das condições de segurança da barragem por técnico especialista (preferivelmente engenheiro geotécnico e/ou geólogo); - Realizar inspeções de emergência; - Implantar eventuais medidas de manutenção da barragem e das estruturas auxiliares (medidas corretivas), para garantir a segurança da obra. - Acompanhamento do índice pluviométrico.
CRÍTICO	<ul style="list-style-type: none"> - Registro de NA máximo (risco de galgamento) - Possibilidade de ruptura da barragem - Ruptura da barragem 	<ul style="list-style-type: none"> - Comunicar, Defesa Civil, Corpo de Bombeiros, Imprensa, Polícia Rodoviária, Hospitais, etc.; - Solicitar avaliação das condições de segurança da barragem por técnico especialista (preferivelmente geólogo ou engenheiro geotécnico); - Implantar eventuais medidas de manutenção da barragem e das estruturas auxiliares (medidas corretivas), para garantir a segurança da obra. - Acompanhamento do índice pluviométrico.

4.1.2 Critérios de inspeção

As inspeções visam tanto a observação das condições da barragem e estruturas auxiliares, quanto da área do reservatório. O que se busca nas inspeções é o reconhecimento de feições ou situações adversas ou alguma anomalia que possa colocar em perigo a estabilidade da barragem, de suas estruturas e/ou a área de jusante.

As inspeções de campo permitirão avaliar as condições de segurança da obra e deverão ser executadas por pessoa treinada para realizá-las adequadamente. Devem ser realizadas por meio de observações de campo, devendo ser inspecionada toda a área da barragem, estruturas auxiliares e área do reservatório.

Segundo o Ministério da Integração Nacional – MIN (BRASIL, 2002), a técnica para a realização da inspeção consiste em caminhar sobre os taludes e a crista da barragem, tantas vezes quanto necessário, de forma a observar toda a superfície. Ainda segundo a mesma fonte, “de um determinado ponto sobre a barragem, pequenos detalhes podem usualmente ser vistos a uma distância de 3 a 10 metros em qualquer direção, dependendo da rugosidade da superfície, vegetação ou outras condições”.

As observações devem ser formalmente registradas e arquivadas em um banco de dados, sendo sua utilização fundamental para a análise das condições de segurança do barramento.

Para documentar as observações realizadas durante as inspeções de campo na área da barragem, a COGERH adota uma ficha de check-list que é apresentada em anexo.

A ficha de inspeção está estruturada, de forma a apresentar informações de caráter geral e envolvendo aspectos que devem ser observados nos diferentes locais da obra, como os taludes de jusante e montante, a coroamento da barragem, as ombreiras direita e esquerda, o sangradouro, a área do reservatório, etc.

Como pode ser observado na ficha de inspeção apresentada em anexo, cada item de análise é apresentado uma lista com várias anomalias que possam estar presentes na estrutura ou local que está sendo inspecionado. A **situação** de cada anomalia listada no check-list deve ser assinalada conforme avaliação em campo após verificação detalhada, no local, das condições no momento da inspeção. Esta **situação** permite uma indicação da existência da anomalia e de sua evolução no tempo e no espaço, tais como: aumentou, diminuiu, permaneceu constante, o item não é aplicável, anomalia não existe, desapareceu, item não inspecionado.

Além da situação de cada anomalia, também deverá ser preenchido a magnitude do problema e nível de perigo.

A COGERH adota como critério de classificação de magnitude da anomalia em função da ação que será executada no local, conforme pode ser observado a seguir.

Quadro 4.2 – Classificação de magnitude

Magnitude	Ação
I - Insignificante	A anomalia deve ser simplesmente mantida sob observação
P - Pequena	Determina se a correção será executada pelo responsável local da barragem (AGIR)
M - Média	Dependerá de apoio da gerência da bacia
G - Grande	Dependerá de apoio da GESIN/COGERH

Os níveis de perigo são classificados como:

0 –Nenhum,

1 – Atenção,

2 – Alerta

3 - Emergência.

Os critérios que são adotados para classificação do nível de perigo é baseado numa metodologia própria da COGERH. Esta metodologia é com base na natureza de cada anomalia e em função da magnitude apresentada. Estes critérios podem ser visualizados no anexo.

Cada check-list preenchido deve ser numerado sequencialmente e datado, devendo ser adicionado ao banco de dados da barragem (acervo técnico), para eventual consulta futura. Recomenda-se ainda que durante o check-list, as anomalias observadas sejam registrada e ilustrada com fotos.

Quando for possível a pronta eliminação da anormalidade constatada, devem ser imediatamente implantadas ações e medidas neste sentido, sempre com a elaboração de documento técnico no qual devem estar detalhadamente descritas as atividades colocadas em prática para sanar o problema.

Nos casos em que for constatada alguma anormalidade no corpo do barramento, estruturas auxiliares ou nas áreas adjacentes ao reservatório que não possa ser prontamente eliminada ou, ainda, cuja causa, evolução ou possíveis consequências não possam ser

precisamente determinadas, deve-se deflagrar o nível de Atenção do Plano de Operação, conforme descrito anteriormente.

No nível de Atenção é exigido o acionamento de técnico especialista (preferivelmente geólogo e/ou engenheiro geotécnico) para inspecionar a barragem, avaliar a anormalidade e decidir sobre as medidas a serem implantadas para evitar o comprometimento das condições de segurança da obra.

Se constatada a possibilidade de ruptura da barragem – ou a ocorrência da própria ruptura sem sinais prévios – deflagra-se o nível Crítico, o qual prevê a adoção de medidas para tornar mínima a dimensão de consequências sociais e/ou econômicas nas áreas a jusante do barramento.

No Plano de Operação da Barragem estão previstas inspeções classificadas em três tipos:

- a) Inspeções de rotina,
- b) Inspeções preventivas de verão e
- c) Inspeções de emergência.

Para os casos de empreendimentos novos, as inspeções foram previstas para serem executadas com periodicidade menor no primeiro ano de operação da barragem após o enchimento do reservatório.

Em condições normais, ou seja, sem o registro de qualquer indício ou evidência de problema associado à segurança da barragem, as inspeções de rotina devem ser realizadas:

- a) Logo após o enchimento do reservatório (primeira inspeção de rotina);
- b) Inspeções semanais no primeiro mês após o enchimento do reservatório;
- c) Inspeções quinzenais no segundo e terceiro meses após o enchimento do reservatório;
- d) Inspeções mensais do quarto ao décimo segundo mês após o enchimento do reservatório;
- e) Inspeções semestrais a partir do primeiro ano após o enchimento do reservatório, conforme já é institucionalizada na COGERH a realização de duas campanhas anuais, uma inspeção antes e outra após a quadra invernal.

Além das inspeções de rotina, estão previstas também as inspeções de emergência, que devem ser realizadas sempre que a condição de segurança da barragem estiver ameaçada - mesmo que supostamente - conforme constatado em inspeções de rotina ou inspeções

preventivas de verão, ou quando houver informações de terceiros quanto a indícios ou evidências de eventuais problemas.

A realização das inspeções de emergência pressupõe, conforme preconizado no Plano de Operação da Barragem, que seja acionado o nível de Atenção ou Crítico. Destaca-se que as inspeções de emergência sempre devem ser executadas por técnico especialista, preferivelmente engenheiro geotécnico e/ou geólogo.

O registro de eventos associados a chuvas ou cheias excepcionais e a sismos (terremotos) na região da barragem deve deflagrar a imediata realização de inspeções de emergência. Eventuais problemas comunicados por terceiros, mesmo que fora do período de realização das inspeções de rotina e preventivas de verão, também devem deflagrar a imediata realização de inspeção de emergência na barragem, estruturas auxiliares e área do reservatório.

A necessidade de novas inspeções de emergência deve ser definida pelo técnico especialista conforme a situação exigir, não podendo ser de periodicidade maior que uma inspeção por semana, até a garantia das condições de segurança da barragem, atestada por laudo técnico (documento escrito) elaborado pelo próprio técnico especialista encarregado da inspeção.

Inspeções adicionais eventualmente necessárias podem incluir inspeções subaquáticas e outros tipos de investigação, que devem ser realizadas sempre que constatada sua pertinência.

A sistemática de inspeções descrita para novos empreendimentos deve ser adaptada nos casos de barragens que já se encontram em operação.

4.2 INSTRUMENTAÇÃO (MONITORAMENTO)

A barragem Lontras tem como instrumentação indicada os seguintes elementos:

- ✓ 24 Marcos de superfície colocados no coroamento do maciço;
- ✓ 72 Piezômetros do tipo CASAGRANDE, distribuídos em 12 seções no maciço;
- ✓ 03 Medidores de nível d'água na região da ombreira esquerda;
- ✓ 06 inclinômetros localizados em três seções (estacas 12+10, 32+10 e 52+10);
- ✓ 02 Medidor de vazão à jusante do maciço, localizados nas calhas dos rios Lontras e Piaus;
- ✓ Régua limnimétrica no talude de montante do maciço principal e no sangradouro.

Piezômetros / medidores de nível d'água

As leituras dos piezômetros e medidores de nível d'água devem ser feitas com o auxílio de aparelho indicador de nível de água elétrico, usualmente denominado “pio elétrico”. As leituras devem ser executadas por meio da introdução da ponteira do pio elétrico no interior do tubo do instrumento. O cabo elétrico deve ser lançado até a ponteira entrar em contato com a água no interior do tubo fechando-se o circuito elétrico do aparelho, que é acusado pelo miliamperímetro ou alarme sonoro. A Foto A seguir ilustra o procedimento de leitura do piezômetro/medidor de nível d'água.



Figura 4.1 – Procedimento de leitura do piezômetro/medidor de nível d'água

As leituras dos instrumentos devem ser realizadas mais frequentemente na fase do primeiro enchimento do reservatório.

A periodicidade da leitura de instrumentos de barragens é motivo de divergências consideráveis no meio técnico porém, para efeito de uma primeira sugestão, reproduzimos a apresentação ilustrativa do Prof. Paulo Cruz no livro “100 Barragens Brasileiras”,

Instrumento	Fase do empreendimento					
	Construção	Enchimento + 3 meses	4° ao 6° mês	7° ao 12° mês	13° ao 36° mês	37° mês em diante
Piezômetro de fundação	Semanal	2/semana	2/semana	Semanal	Semanal	Quinzenal
Piezômetro de maciço	Semanal	1 / semana	Semanal	Semanal	Quinzenal	Quinzenal
Medidor de recalque	Semanal	2/semana	Semanal	Quinzenal	Mensal	Bimensal
Medidor de vazão	Semanal	3/semana	3/semana	2/semana	Semanal	Quinzenal

Medidores de vazão

Os medidores de vazão, deve-se realizar leituras em régua limnimétrica fixadas na estrutura. A precisão da leitura deve ser de 0,5 cm. Para evitar oscilações na leitura do medidor, a régua deve estar fixada num determinado local que esteja fora da influência de perturbação das descargas do medidor de vazão.

Inclinômetros

Prevê-se a instalação de 6 inclinômetros para medição de deslocamentos horizontais internos do aterro. Estes dispositivos serão instalados a partir do coroamento em três seções. Os inclinômetros serão instalados após a conclusão dos aterros e deverão ficar engastados na fundação, sendo essenciais no acompanhamento do comportamento da obra durante o primeiro enchimento do reservatório, fase crítica da vida da barragem.

O processo tem por finalidade monitorar a variação do deslocamento horizontal, em duas direções ortogonais, de pontos no interior de um maciço afetado por alguma atividade relacionada com a implantação de uma obra subterrânea.

O processo resume-se na medição do deslocamento horizontal de um determinado ponto em relação a uma leitura Inicial (Lo), quando da sua instalação. Para tanto há necessidade da introdução de um torpedo dotado, de servo-acelerômetro ligado a um cabo elétrico, graduado de metro em metro, numa perfuração vertical previamente realizada no terreno.

Caso se apresente alguma dificuldade, o tubo deverá ser lavado com água por circulação e submetido a uma novo teste. Persistindo o problema, o instrumento será considerado não conforme e deverá ser substituído por outro com as mesmas características, instalado em um furo em local próximo ou determinado pelo cliente.

Em seguida efetua-se uma Leitura Inicial (Lo) para servir de parâmetro de comparação com as seguintes, tendo-se o cuidado de, nesta etapa, adotar-se para Lo a média de pelo menos 3 (três) determinações.

As medições são registradas numa planilha de campo apropriada e posteriormente apresentadas na forma de gráficos e/ou tabelas.

A periodicidade da leitura destes instrumentos pode seguir o do seguinte quadro.

Instrumento	Fase do empreendimento					
	Construção	Enchimento + 3 meses	4° ao 6° mês	7° ao 12° mês	13° ao 36° mês	37° mês em diante
Inclinômetro	Semanal	2/semana	Semanal	Quinzenal	Mensal	Bimensal

Réguas limnimétricas

As réguas limnimétricas instaladas no sangradouro devem ser lidas durante o período das chuvas, a partir da informação do início da sangria, com uma frequência semanal.

As instaladas na tomada d’água têm como função registrar a cota do nível do reservatório devem ser lidas com uma frequência diária, conforme é realizado atualmente pela COGERH.

4.2.1 Análise dos dados coletados

As leituras devem ser analisadas semanalmente para se verificar se foi atingida uma razoável estabilização das mesmas. Atingida a situação de estabilização, a frequência de leituras pode ser reduzida, conforme indicado na tabela anterior.

Recomenda-se a realização de leituras mais frequentes (menos espaçadas no tempo), sempre que houver variações mais rápidas do NA do reservatório do que o usual, assim como nos períodos de enchimento do reservatório após períodos de estiagem prolongada.

As leituras obtidas a partir do procedimento descrito anteriormente devem ser registradas em folhas de leitura específicas.

As análises destas informações devem ser feitas por profissional habilitado (engenheiro geotécnico e/ou geólogo), de modo que possam ser identificadas eventuais situações anômalas indicativas da necessidade de intervenções corretivas ou de investigações mais detalhadas, tais como análise de estabilidade dos taludes.

É importante que todos os dados obtidos sejam mantidos organizados e arquivados em boas condições, estando sempre disponíveis para consultas futuras. Ao longo do tempo, estes documentos formarão um histórico de dados que é essencial para esclarecer eventuais comportamentos inesperados e auxiliar na interpretação dos resultados obtidos.

5 MANUTENÇÃO

5. MANUTENÇÃO

5.1 GENERALIDADES

Um bom programa de manutenção preventiva irá proteger a barragem contra deterioração, prolongar sua vida e diminuir os custos da manutenção corretiva. Já uma fraca manutenção pode permitir a deterioração da barragem. Quase todos os componentes de uma barragem bem como o material utilizado para a sua construção são susceptíveis à deterioração se não forem mantidos propriamente.

Um bom programa de manutenção fornece não somente segurança para o responsável, mas também para o público em geral. Ainda mais, a se considerar, os custos de um programa de manutenção correto são normalmente pequenos se comparado aos custos de reparos, perdas de vida e de propriedade e um processo crime resultante.

O responsável por uma barragem deve desenvolver um programa básico de manutenção baseado primeiramente em inspeções sistemáticas e frequentes. Inspeções, como discutidas no presente documento, devem ser feitas diariamente pelo AGIR; por um Engenheiro ou Técnico treinado ao menos uma vez por ano e após eventos como inundações e terremotos; além de inspeções extraordinárias sempre que necessário. Durante cada inspeção, o *check list* deve ser utilizado, e seus dados analisados e arquivados no Sistema de Informações.

5.2 PRIORIDADES DE MANUTENÇÃO

A manutenção é um desafio que jamais pode ser negligenciado. Caso seja, várias áreas irão precisar de atenção concomitantemente, sendo algumas motivo de maior preocupações que as outras.

O seguinte esboço lista, por prioridade relativa, os vários problemas ou condições que podem ser encontrados em uma barragem deteriorada.

5.2.1 Manutenção Imediata

As condições seguintes são críticas e precisam de atenção imediata:

- Uma barragem sendo assoreada ou já assoreada.
- Uma barragem com grave comprometimento (por erosão progressiva, falha no talude e outras circunstâncias).
- Uma barragem mostrando sinais de erosão interna indicada por aumento de infiltração com turbidez ou outros sintomas.

– Um vertedouro sendo bloqueado ou de outra forma inoperável, ou tendo a descarga normal restringida.

– Evidência de infiltração excessiva em qualquer local da barragem (em um aterro, tornando-se saturado, a infiltração saindo na face jusante do barramento, e aumentando em volume).

Embora a solução para alguns problemas críticos possa ser óbvia (como a limpeza de um vertedouro bloqueado) os problemas listados acima geralmente requerem os serviços de um Engenheiro especializado, que seja familiarizado com construção e manutenção de barragens. O Plano de Contingência Geral deve ser ativado quando quaisquer destas condições forem notadas.

5.2.2 Manutenção necessária em data mais próxima possível

A seguinte manutenção deve ser completada tão logo quanto possível após as condições defectivas sejam notadas:

– Todos os arbustos baixos e as árvores devem ser removidas da barragem e a proteção de taludes deve ser restabelecida.

– Áreas erodidas e barrancos em barragens terra devem ser retificados, recompostos e protegidos novamente.

– Vertedouros defeituosos, comportas, válvulas e outros equipamentos da barragem devem ser reparados.

– Componentes de metal ou concreto, deteriorados, devem ser reparados tão logo o tempo permita.

5.2.3 Manutenção contínua

Várias atividades devem ser feitas em uma forma continuada:

– Cortes rotineiros e manutenção geral.

– Manutenção e preenchimento de qualquer trinca ou junta em uma barragem de concreto.

– Observação de qualquer vazamento ou áreas de infiltração.

– Inspeção da barragem.

- Monitoramento do desenvolvimento de modificações na bacia hidráulica, que materialmente aumentem o escoamento advindo de tempestades.
- Monitoramento de canais jusante e uma atualização do Plano de Contingência Geral para incluir novas ou outras estruturas ocupadas dentro da área.

5.3 ITENS ESPECÍFICOS DE MANUTENÇÃO

5.3.1 Manutenção e Reparos de Barragem

Deteriorações na superfície da barragem de terra podem ocorrer por várias razões. Por exemplo, a ação de ondas pode erodir o talude montante, veículos podem trilhar o coroamento ou os taludes, o escoamento de água pode causar erosão no talude. Outros problemas especiais como trincas de retração ou buracos de roedores, podem também ocorrer. Problemas desta natureza devem ser reparados em base regular. Os procedimentos de manutenção descritos abaixo são efetivos para a execução de reparos de pequena monta. Contudo, este documento não pretende ser um guia técnico, e os métodos discutidos não devem ser utilizados para resolver problemas sérios. Condições como taludes recalçados, rachaduras estruturais e vertedouros, ameaçam a segurança imediata de uma barragem e requerem reparo imediato sob a direção de um engenheiro.

O material selecionado para a execução de reparos em aterros, depende do propósito do trabalho.

Geralmente, o solo deve estar livre de vegetação, material orgânico, lixo ou grandes blocos de rocha. A maioria dos solos deve ser de grãos finos e devem facilmente se deixar compactar quando trabalhados com equipamentos de manutenção. A intenção é utilizar o material, que quando compactado, forma uma massa firme e sólida, livre de vazios excessivos.

Se houver trincas ou erosões que atinjam o núcleo ou mesmo o talude de montante, materiais que são ricos em argila ou com conteúdo em silte devem ser utilizados. Se a área for de drenagem livre ou altamente porosa como o RIP-RAP ou talude de jusante, o material deve ter uma porcentagem mais alta de areia, cascalho. Como regra geral, é normalmente suficiente trocar ou reparar as áreas prejudicadas com solos similares àqueles originais do local.

Uma propriedade importante do solo afetando a compactação é o teor de umidade. Solos que são muito secos ou muito úmidos não compactam bem. Um teste expedito que pode ser feito, é comprimi-lo com a mão, se a amostra mantiver a forma, sem rachar ou desintegrar,

provavelmente terá o conteúdo adequado de água. Se de outra forma deixar a mão úmida, provavelmente terá água em excesso.

Antes de se compactar o material, a área a ser reparada deve ser preparada removendo-se material inapropriado. A vegetação como arbustos, raízes e galhos de árvores devem ser retirados e pedras grandes e entulho removidos. Ainda, solos que não são utilizáveis, como orgânicos e a granulares devem ser removidos, afim de que o material na superfície consista de um material limpo e exposto.

Após a limpeza, a área afetada deve ser umedecida, afim de que a próxima cobertura possa ser compacta e aderir propriamente ao preenchimento já existente, Se possível, os taludes devem ser desbastados, as superfícies escarificadas de forma que os materiais de base e de preenchimento possam formar massa única.

Os solos devem ser colocados em camadas de cobertura de até 10 cm de espessura e compactados manualmente ou mecanicamente para formar uma massa densa e livre de rochas grandes ou material orgânico. A umidade do solo deve ser mantida em uma proporção correta.

Durante o trabalho cuidado deve ser tomado para que o preenchimento não se torne muito úmido por causa de chuvas. O escoamento deve ser direcionado para fora da área de trabalho e as áreas reparadas devem ser conformadas para que o preenchimento se mantenha abaulado, o que irá propiciar a drenagem da água.

Como mencionado antes, ocasionalmente trincas menores irão se formar na barragem por ressecamento superficial. Elas são chamadas de trincas de ressecamento e não devem ser confundidas com trincas devidas a recalque ou trincas estruturais. Trincas de ressecamento são geralmente paralelas ao eixo da barragem, tipicamente próximas às ombreiras, a montante e a jusante do coroamento. Estas trincas geralmente correm intermitentemente ao longo do comprimento da barragem. Trincas de ressecamento podem ser distinguidas das estruturais, mais sérias, porque a superfície geralmente não é mais larga do que alguns centímetros e possui bordas que não são deslocadas verticalmente.

Como precaução, as trincas de ressecamento suspeitas devem ser inicialmente monitoradas com o mesmo cuidado utilizado para trincas estruturais, de forma que as áreas com problemas devem ser demarcadas com estacas e pinos de monitoramento que devem ser instalados em ambos os lados para permitir o registro de qualquer mudança no comprimento ou deslocamento vertical. Uma vez sabido que a trinca observada é resultado de uma retração ou secagem, o monitoramento deve ser interrompido.

Contudo, estas trincas irão se fechar quando condições climáticas ou de solo mudarem. Caso contrário, deve ser necessário o seu preenchimento para prevenir a entrada de umidade na superfície que pode resultar em saturação da barragem. As trincas podem ser simplesmente preenchidas com terra que é colocada com as mãos ou com ferramentas, a partir de uma valeta aberta (com cerca de 0,5m de lado e de profundidade) acompanhando o desenvolvimento da trinca. A valeta deve ser fechada com solo mais plástico que seja disponível, compactado manualmente com teor de umidade superior ao ótimo. Também é fundamental que o coroamento da barragem seja conformado para direcionar as águas do escoamento para fora das áreas prejudicadas com as trincas de ressecamento.

A erosão é um dos problemas mais comuns de manutenção em estruturas de aterro. A erosão é um processo natural e suas forças contínuas irão eventualmente desgastar qualquer superfície ou estrutura.

Manutenção periódica é essencial para prevenir uma deterioração contínua e uma possível ruptura.

Áreas erodidas devem ser prontamente reparadas para prevenir problemas mais sérios ao aterro.

Erosões e taludes negativos devem ser preenchidos com solo apropriado (a superfície deve ser preenchida em camadas com a espessura de 10 cm de solo, sempre que possível), compactada e então novamente protegida. Não somente as áreas erodidas devem ser reparadas, mas a causa da erosão deve ser encontrada para prevenir que se tenha um problema recorrente.

A erosão pode ser causada ou agravada por drenagem inapropriada, compactação inadequada, tráfego de veículos ou pedestres, galerias de animais ou outros fatores. A causa da erosão terá uma orientação direta no tipo de material de reparo necessário.

Caminhos devidos a veículos de duas ou quatro rodas, e pedestres, são um problema em vários aterros.

Se o caminho se estabelecer, a vegetação não fornecerá proteção adequada e uma cobertura mais durável vai ser necessária, a menos que o tráfego seja eliminado. Britas, asfalto ou concreto podem ser utilizados de forma efetiva para cobrir estes caminhos.

A erosão também pode ser comum em qualquer ponto do aterro em que se encontrar uma compactação deficiente.

Uma proteção adequada contra a erosão é também necessária nas ombreiras da barragem. O escoamento da água da chuva costuma se concentrar nestas áreas, e alcançar

velocidades altas por causa de taludes relativamente íngremes. Estes locais devem ser equipados com canaletas de drenagem, que coletam a água da superfície, e a descarregam de forma adequada a jusante. Cuidado deve ser tomado ao trocar canaletas estragadas ou ao projetar novas canaletas para garantir que:

- A canaleta tenha capacidade adequada para escoar a vazão esperada.
- A proteção adequada contra erosão e uma dissipação satisfatória tenham sido obtidas.
- A superfície do escoamento pode facilmente atingir a canaleta.
- A saída é adequadamente protegida contra erosão.

5.3.2 Manutenção e Reparo de Enrocamento

Um problema sério de erosão pode se desenvolver no talude montante a uma barragem. Ondas causadas por ventos fortes podem erodir a face exposta de um aterro por batimento repetitivo de ondas na superfície na região da linha d'água. Esta ação erode o material da face do aterro e faz o talude se mover para baixo, criando uma "praia". A erosão de solo desprotegido pode ser rápida, e durante uma grande tempestade pode levar à completa ruptura de uma barragem.

A face montante da barragem Lontras é protegida contra a erosão de ondas pela colocação, na face, de uma camada de rochas sobre uma camada com material de filtro (*rip-rap*).

Ademais, as erosões podem ocorrer no enrocamento existente, se a superfície do aterro não estiver adequadamente protegida pelo filtro. A água de uma onda, ao se movimentar ascendente e descendente ao longo do talude, pode, nesse caso, erodir o aterro sob o enrocamento. Seções de enrocamento que sofreram subsidência são geralmente sinais deste tipo de problema.

Quando a erosão ocorre, e a erosão se desenvolve no talude montante da barragem, reparos devem ser feitos tão logo quanto possível. O nível do lago deve ser rebaixado e a superfície da barragem preparada para o reparo.

Uma camada de enrocamento deve se estender em um mínimo de 1,0 m abaixo do nível mínimo do reservatório, como prevenção contra a ação de ondas durante os períodos de baixo nível d'água, que pode eventualmente deteriorar e destruir a proteção.

Se for utilizado enrocamento, ele deve consistir de uma mistura heterogênea de pedras de tamanhos irregulares colocados sobre filtro de brita e areia. A maior rocha deve ser grande o suficiente tanto em tamanho quanto em peso, para quebrar a energia das maiores ondas

esperadas, e também manter as pedras menores no lugar. (Um engenheiro especializado deve ser consultado para determinar o tamanho adequado). As rochas menores ajudam a preencher os espaços entre as maiores a fim de formar uma massa estável e embricada. O filtro previne que as partículas do solo na superfície do aterro sejam lavadas através dos espaços do enrocamento. Se o material de filtro for ele mesmo lavado através destes espaços e as nervuras se desenvolverem, duas camadas de filtros podem ser necessárias. A camada inferior deve ser composta de areia ou de um tecido tipo geotêxtil para proteger a superfície do solo e a camada superior deve ser composta de materiais grosseiros.

O responsável pela barragem deve esperar alguma deterioração do enrocamento por causa do intemperismo. Secagem e chuva, ação de raios solares, ondas e outros processos naturais irão eventualmente decompor o material. Portanto, recursos suficientes de manutenção devem ser alocados para uma recuperação regular do enrocamento.

5.3.3 Controle do Gado e Outros Animais de Porte

O gado e outros animais de porte, como cabras, não devem ser permitidos para pastar na superfície do aterro. Quando o solo estiver úmido, eles podem destruir a uniformidade da superfície. Ainda mais, o gado tende a caminhar em caminhos pré-estabelecidos, e isto pode provocar grave erosão. Tais caminhos devem ser recuperados e o gado impedido de entrar na área.

5.3.4 Controle de Roedores, Tatus, Formigas e Cupins

Estes animais são naturalmente atraídos para os habitats criados pelas barragens e reservatórios e podem, por seu comportamento, prejudicar a integridade estrutural e o comportamento correto de aterros e vertedouros. Galerias abertas por estes animais podem enfraquecer os aterros e servir de espaço para infiltração. O controle destes animais e insetos é essencial para a preservação da barragem.

Métodos para reparar os prejuízos destes insetos e animais dependem da natureza do prejuízo, mas em qualquer caso, a exterminação da população destes animais é o primeiro passo necessário. Se o prejuízo consistir em buracos côncavos escavados transversalmente ao aterro, o reparo deve ser necessário para manter a aparência da barragem, para manter as águas de chuvas longe de se infiltrarem na barragem ou para desencorajar os animais de um retorno subsequente para o aterro.

Nestes casos, encher de terra o buraco dos animais deve ser um reparo suficiente. O solo deve ser colocado tão profundamente quanto possível e compactado com uma estaca ou com uma pá.

Grandes galerias devem ser preenchidas com uma pasta de lama e cimento. Este método simples e barato envolve a colocação de um ou dois tubos de PVC verticalmente sobre a entrada da caverna, com um selante compactado entre o tubo e a entrada da caverna. Uma mistura de lama é então despejada na tubulação até que a galeria e a tubulação estejam preenchidas com a mistura de terra-água. A tubulação é removida e terra seca adicional é colocada na entrada. A mistura de lama é feita ao se adicionar água a uma mistura de 90% de terra e 10% de cimento, até que seja obtida uma pasta fluida. Todas as entradas devem ser tampadas com terra bem compactada e a vegetação restabelecida. As cavernas devem ser eliminadas rapidamente, uma vez que uma galeria pode levar à ruptura da barragem.

Medidas diferentes de reparos são necessárias se uma barragem tiver sido prejudicada por um longo túnel de roedores ou por atividades de tatus. Nestes casos, pode ser necessário escavar a área prejudicada até se encontrar solo competente e efetuar o reparo com a reposição de solo compactado.

Ocasionalmente, a atividade de animais irá resultar em passagens que resultam em fuga da água do reservatório, erosão interna, e por último, em ruptura. Se um buraco de roedor for encontrado atravessando toda a barragem, o melhor procedimento é localizar o final montante da passagem. A área ao redor da entrada deve ser escavada e preenchida então com material impermeabilizante. Isso perfaz um tampão que dificulta a entrada de água do reservatório. Este procedimento deve ser considerado um reparo temporário. A escavação e o preenchimento total do túnel ou o enchimento do túnel com argamassa de cimento são soluções de longa duração, mas a pressão da injeção de cimento pode ser perigosa. A pressão exercida durante a injeção da argamassa pode causar prejuízo adicional ao aterro em forma de fratura hidráulica (uma abertura de trincas pela alta pressão de injeção de cimento) ou a colmatação de filtro da drenagem interna do maciço. Assim, a injeção de cimento só deve ser feita sob a direção de um engenheiro.

5.3.5 Controle do Prejuízo Causado pelo Tráfego

Como mencionado anteriormente, veículos conduzidos através do barramento podem formar sulcos no coroamento da barragem, se o coroamento não for revestido com materiais adequados. Os caminhos podem então armazenar água e assim causar saturação e amolecimento do solo. Outras rotas podem ser formadas por veículos conduzidos acima e

abaixo nas laterais da barragem. Tais caminhos podem coletar o escoamento de água e resultar em grave erosão. Qualquer sulco deve ser reparado tão logo quanto possível, utilizando os métodos descritos anteriormente.

5.3.6 Manutenção dos Equipamentos hidromecânicos

Uma correta operação dos equipamentos de descarga de uma barragem é essencial para a segurança e a satisfatória operação de uma barragem. A descarga é normalmente uma função frequente e contínua.

Contudo, em alguns reservatórios utilizados para recreação, criação de peixes, e outros propósitos que não requerem descarga contínua de água, um descarregador operável, fornece não somente meios de atender emergências, mas também permite o rebaixamento do reservatório sendo, portanto, essencial para a segurança da barragem.

Se uma inspeção rotineira na descarga indicar a necessidade de manutenção, o trabalho deve ser executado tão logo o acesso seja obtido. Retardamento da manutenção pode causar prejuízo para a instalação, reduzir significativamente a vida útil das estruturas e resultar em necessidade de reparos mais longos e mais caros quando finalmente feitos. Mais importante, um colapso no sistema de descarga pode causar diretamente a ruptura da barragem.

O procedimento mais simples para garantir adequada operação das comportas de descarga é operar todas as comportas em sua totalidade pelo menos uma vez (ou preferencialmente duas vezes) ao ano.

Muitos fabricantes de comportas recomendam operá-los numa frequência de quatro vezes ao ano. Uma vez que as comportas estejam operando sob completa pressão do reservatório, resultando em grandes descargas na saída, seus testes devem ser programados durante os períodos de baixo nível. Se grandes descargas forem esperadas, os descarregadores devem ser testados somente depois da devida autorização da COGERH, sendo que os residentes a jusante e os usuários das águas, devidamente notificados.

A operação de comportas diminui a ferrugem criada no mecanismo de operação e, portanto, torna mais difícil a possibilidade de travamento do mecanismo de operação. Durante o procedimento, as partes mecânicas do mecanismo de elevação – incluindo a engrenagem de tração, os rolamentos e os mancais – devem ser verificadas para detectar a ocorrência de desgastes diversos ou excessivos. Todos os parafusos, incluindo os parafusos fixos, devem ser checados em aperto, partes utilizadas e corroídas devem ser trocadas e ajustamentos

mecânicos e de alinhamento devem ser feitos, quando necessário. A forma como a comporta opera também deve ser anotada. Movimentos ásperos, barulhentos ou erráticos podem ser os primeiros sinais de problemas se desenvolvendo. A causa dos problemas operacionais deve ser investigada e corrigida imediatamente. Nenhuma força excessiva deve ser necessária, nem tampouco aplicada para abrir ou fechar uma comporta. A maioria dos equipamentos de elevação é projetada para operar satisfatoriamente dentro de uma força máxima específica, não devendo ser ultrapassada em nenhuma hipótese. Se houver necessidade de força excessiva, algo deve estar bloqueando o sistema mecânico. A aplicação de força excessiva pode resultar em aumento do bloqueio ou prejuízo para os descarregadores. Caso pareça haver uma resistência indevida, a comporta deve ser movimentada para cima e para baixo repetidamente em pequenos ciclos, o que muitas vezes faz com que o bloqueio cesse. Caso contrário, a causa do problema deva ser investigada por Engenheiro especialista. Por certo o problema deve ser corrigido tão logo quanto possível para garantir a contínua operação da comporta.

Se uma comporta não vedar totalmente quando fechada, detritos podem estar alojados sob ou ao redor do quadro da comporta. A comporta deve ser levantada pelo menos de 5 a 7 cm para limpar os detritos e o operador deve então tentar fechar novamente. Este procedimento deve ser repetido até que a completa vedação seja alcançada. Contudo, se este ou qualquer outro problema persistir, o representante do fabricante deve ser consultado.

Um mecanismo de descarga operante deve ser lubrificado de acordo com as especificações do fabricante. A lubrificação correta não só irá reduzir o desgaste, mas também o protegerá contra intempéries.

Comportas com servo-motores hidráulicos devem ser verificadas a cada seis meses, para garantir que o nível correto de óleo seja mantido. O metal utilizado nas guias da comporta é geralmente de latão, aço inoxidável, bronze e outros materiais resistentes à ferrugem. Comportas mais antigas, ou menores, podem não conter guias, tornando as superfícies de contato entre concreto e a armação da comporta susceptíveis à oxidação.

Para uma operação adequada, os apoios da comporta devem ser mantidos em alinhamento correto com a mesma, e com o mecanismo de içamento. As guias de suporte provêm o seu correto alinhamento, devendo ser convenientemente espaçadas ao longo do mesmo. As guias de suporte são as placas ou parafusos, através das quais o suporte é fixado. Sua função é evitar movimentação lateral do suporte, torção ou empenamento, quando o mesmo for sujeito a compressão à medida que a comporta for sendo fechada.

O alinhamento de um suporte deve ser checado durante inspeções de rotina. Ele deve ser verificado ao se olhar ao longo do comprimento do suporte, ou de forma mais acurada, ao se lançar um fio de prumo de um ponto próximo ao seu topo. O suporte deve ser verificado na direção jusante - montante, assim como na direção lateral. Ao se inspecionar o alinhamento, todas as ancoragens, guias do suporte da comporta e as válvulas de ajuste, devem ser verificadas quanto à impermeabilidade. Se durante uma inspeção normal, o suporte parecer fora de alinhamento, a causa deve ser reparada.

Muitas comportas de descarga são equipadas com calços, que mantêm a comporta firmemente comprimida contra a sua armação quando a mesma é fechada, causando assim uma total vedação.

Através de anos de uso, os batentes das comportas podem se tornar desgastados, causando vazamento na comporta. Se uma instalação tiver um sistema de calços, vazamentos devem ser substancialmente reduzidos, ou eliminados, ao se reajustar os calços.

Uma vez que o ajustamento das comportas é complexo, pessoal despreparado pode causar grande prejuízo. Ajustamento incorreto pode causar assentamento prematuro da comporta, possível perfuração dos seus batentes, torção, vibração, fuga, fechamento irregular, ou prejuízo para os calços ou as guias.

Assim, somente pessoal especializado deve realizar os ajustes.

5.3.7 Manutenção Elétrica

A eletricidade é utilizada em uma barragem para:

- Fornecer iluminação
- Operar válvulas de descarga
- Operar equipamento de levantamento
- Operar outros equipamentos

É importante que o sistema elétrico seja bem mantido. A manutenção deve incluir uma checagem total de fusíveis e um teste de todo o sistema para garantir que todas as partes estejam funcionando corretamente. O sistema elétrico deve estar livre de umidade e sujeira, a fiação deve ser checada contra corrosão e depósitos minerais. Quaisquer reparos necessários devem ser feitos imediatamente, e registro dos trabalhos realizados devem ser mantidos. Geradores utilizados como força auxiliar de emergência também devem ter

manutenção. Este trabalho inclui troca de óleo, checagem de baterias e sistemas, além da garantia de que o combustível esteja prontamente disponível.

Desta forma, igualmente importante, é verificar-se a suficiência e a confiabilidade das fontes de alimentação durante o funcionamento do equipamento, atentando para a condição de partida uma vez que na partida, os valores de corrente elétrica são muito maiores que quando em operação normal.

As fontes de energia auxiliares e os sistemas de controle remoto devem ser testados para uma operação adequada e confiável. Todo o equipamento deve ser examinado em relação a peças danificadas, deterioradas, corroídas, cavitadas, frouxas, desgastadas, ou quebradas.

5.3.8 Limpeza

Como já visto uma correta operação de vertedouros, galerias de aproximação, estruturas de controle de vazão, bacias de amortecimento, condutores de descarga, taludes, grades, e dispositivos de controle de detritos requerem regular e total remoção de detritos e limpeza. A limpeza é especialmente importante após tempestades a montante, que tendem a enviar mais detritos para o reservatório.

5.3.9 Manutenção no Concreto

Também conforme já mencionado, a manutenção periódica deve ser feita em todas as superfícies do concreto para reparar áreas deterioradas. Deteriorações do concreto devem ser reparadas imediatamente após serem notadas. Quanto mais cedo esta atividade for efetuada, maior será a facilidade de execução. Por outro lado, a deterioração pode acelerar e, se não for reparada, pode resultar em sérios problemas ou mesmo na ruptura da barragem. Um engenheiro especialista deve ser consultado para determinar a extensão da deterioração e o melhor método de reparo, devendo o mesmo ser compatível com a resistência e características do concreto originalmente usado.

5.3.10 Manutenção de Componentes Metálicos

Todas as barras de ferro ou metal, expostas em uma instalação de descarga, mesmo as submersas ou as expostas ao ar, tenderão a enferrujar. Para prevenir a corrosão, os metais ferrosos expostos devem ser pintados ou engraxados. Se pintados, a pintura deve ser apropriada e aplicada seguindo as diretrizes do fabricante.

Quando as áreas são repintadas, alguns cuidados devem ser tomados para garantir que a pintura não atinja as guias das comportas, calços das comportas, ou suporte da comporta por onde passam as guias de suporte, ou em outra superfície submetida a fricção, locais em que a pintura pode causar travamento.

Graxa grossa deve ser utilizada em superfícies onde possa ocorrer travamento. Uma vez que a oxidação é extremamente prejudicial para as superfícies de contato, a ferrugem existente deve ser removida antes de uma aplicação periódica de graxa.