

Governo do Estado do Ceará
Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH
Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos
Hídricos do Estado do Ceará - PROGERIRH



Contrato Nº 11 / PROGERIRH / CE / SRH / 2003

ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE VIABILIDADES TÉCNICAS,
AMBIENTAIS, ECONÔMICAS, EIAS - RIMAS, PROJETOS
EXECUTIVOS, LEVANTAMENTOS CADASTRAIS E PLANOS DE
REASSENTAMENTOS DE POPULAÇÕES, MANUAIS DE OPERAÇÃO E
MANUTENÇÃO E AVALIAÇÃO FINANCEIRA E ECONÔMICA
REFERENTES ÀS BARRAGENS: MAMOEIRO, RIACHO DO MEIO,
MELANCIA, JATOBÁ E JUCÁ E ADUTORAS DE ANTONINA DO NORTE,
GRANJEIRO, CROATÁ E IPUEIRAS

BARRAGEM MELANCIA

MÓDULO VII - ELABORAÇÃO DOS MANUAIS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO
VOLUME I - MANUAIS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

BARRAGEM MELANCIA

**MÓDULO VII – ELABORAÇÃO DOS MANUAIS DE OPERAÇÃO E
MANUTENÇÃO**

VOLUME I – MANUAIS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

EDITADO EM JULHO DE 2006

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	5
1 – INTRODUÇÃO	9
2 – CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM MELANCIA	11
2.1 – LOCALIZAÇÃO E ACESSO	11
2.2 – CARACTERÍSTICAS DA OBRA	11
2.3 – FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM.....	13
2.4 – DESENHOS NECESSÁRIOS AO MANUAL DE OPERAÇÃO	16
2.5 – CUIDADOS ESPECIAIS A SEREM OBSERVADOS NA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA BARRAGEM MELANCIA	16
2.5.1 – Maciço da Barragem.....	16
2.5.2 – Sangradouro	17
2.5.3 – Tomada D’Água	17
3 – OBJETIVOS DA ADMINISTRAÇÃO, MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DA BARRAGEM MELANCIA.....	19
4 – TREINAMENTO DA EQUIPE RESPONSÁVEL PELA OPERAÇÃO.....	22
5 – SISTEMÁTICA DE MANUTENÇÃO ROTINEIRA	24
6 – INSPEÇÃO PARA AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DA BARRAGEM	27
6.1 – INTRODUÇÃO	27
6.2 – OBJETIVO.....	27
6.3 – AVALIAÇÕES DO PROJETO, CONSTRUÇÃO E DESEMPENHO.....	27
6.4 – IDENTIFICAÇÃO E REGISTROS DOS PROBLEMAS E FRAGILIDADES	28
6.5 – ROTEIRO PARA INSPEÇÃO DA BARRAGEM.....	28
6.5.1 – Considerações Gerais.....	28

6.5.2 – Detectando Anomalias	29
6.5.3 – Tipos de Anomalias Comumente Encontradas em Barragens.....	29
6.5.4 – Percolações	30
6.5.4.1 – TRINCAS.....	30
6.5.4.2 – INSTABILIDADE DE TALUDES	32
6.5.4.3 – DEPRESSÕES.....	33
6.5.4.4 – ANOMALIAS AFETADAS PELA FALTA DE MANUTENÇÃO	34
6.6 – RELATÓRIO SOBRE A INSPEÇÃO DA BARRAGEM	36
7 – CÁLCULO DA TARIFA MÉDIA	39
7.1 – INTRODUÇÃO	39

ANEXO

ANEXO 1 – DESENHOS

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

O consórcio KL – Serviços de Engenharia S/S Ltda, MABE – Infra-Estrutura e Serviços Ltda e ENERCONSULT S/A, no âmbito do contrato Nº11/PROGERIRH/CE/SRH/2003 do Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – PROGERIRH tem por finalidade a Elaboração dos Estudos de Viabilidades Técnicas, Ambientais, Econômicas, Eias - Rimas, Projetos Executivos, Levantamentos Cadastrais e Planos de Reassentamentos de Populações, Manuais de Operação e Manutenção e Avaliação Financeira e Econômica referentes às Barragens: Mamoeiro, Riacho do Meio, Melancia, Jucá e Jatobá e Adutoras de Antonina do Norte, Granjeiro e Ipueiras.

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

Módulo I: Estudos de Alternativas de Localização das Barragens e Adutoras

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

Módulo II: Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações

VOLUME I: Estudos Básicos

TOMO 1 – Relatório Geral – Textos

TOMO 2 – Estudos Hidrológicos

TOMO 3 – Estudos Cartográficos

TOMO 4 – Estudos Geológicos e Geotécnicos

TOMO 5 – Estudos Pedológicos

VOLUME II: Anteprojetos

TOMO 1 – Relatório de Concepção Geral

TOMO 1A – Desenhos e Plantas

TOMO 1B – Memória de Cálculo

VOLUME III: Avaliações Financeiras e Econômicas



TOMO 1 – Relatório de Avaliações Financeira e Econômica

Módulo III: Estudos dos Impactos no Meio Ambiente (EIA/RIMA)

VOLUME I: EIA

VOLUME II: RIMA

Módulo IV: Projeto Executivo da Barragem

VOLUME I: Detalhamento do Projeto Executivo

TOMO 1 – Memorial Descritivo do Projeto

TOMO 2 – Desenhos do Projeto

TOMO 3 – Memória de Cálculo

TOMO 4 – Especificações Técnicas

TOMO 5 – Quantitativos e Orçamentos

TOMO 6 – Síntese

Módulo V: Levantamento Cadastral e Plano de Reassentamento

VOLUME I: Levantamento Cadastral

TOMO 1 – Relatório Geral

TOMO 2 – Laudos Individuais de Avaliação

TOMO 3 – Levantamentos Topográficos

VOLUME II: Plano de Reassentamento

TOMO 1 – Relatório Final de Reassentamento

Módulo VI: Projeto Executivo das Adutoras

VOLUME I: Estudos Básicos

TOMO 1 – Levantamentos Topográficos

TOMO 2 – Investigações Geotécnicas

VOLUME II: Anteprojeto



VOLUME III: Detalhamento do Projeto Executivo

TOMO 1 – Memorial Descritivo

TOMO 2 – Memória de Cálculo

TOMO 3 – Quantitativos e Orçamentos

TOMO 4 – Especificações Técnicas e Normas de Medições

Módulo VII: Elaboração dos Manuais de Operação e Manutenção

VOLUME I: Manuais de Operação e Manutenção

O presente relatório que trata da **Barragem Melancia**, aqui nomeado como Volume I – Manuais de Operação e Manutenção, é parte integrante do Módulo VII – Elaboração dos Manuais de Operação e Manutenção.

1 – INTRODUÇÃO

1 – INTRODUÇÃO

O consórcio constituído pelas empresas KL – Serviços de Engenharia S/S Ltda, MABE – Infra-Estrutura e Serviços Ltda e ENERCONSULT S/A vem, através desta, apresentar, em atendimento ao Contrato Nº11/PROGERIRH/SRH/2003, o Manual de Administração, Operação e Manutenção da Barragem Melancia.

As barragens, diferentemente da maioria das obras de infra-estrutura, são obras associadas a um elevado potencial de risco devido à possibilidade de um eventual colapso com conseqüências danosas para as estruturas das próprias barragens, ao meio ambiente e à vida humana. Por esse motivo, foi preparado esse manual que tem a finalidade de relacionar e orientar os procedimentos que devem ser seguidos na Gestão, Operação e Manutenção do Conjunto Reservatório + Estruturas do Barramento.

2 – CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM MELANCIA

2 – CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM MELANCIA

2.1 – LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A Barragem Melancia está localizada no Riacho Melancia, afluente pela margem direita do Rio Curú, no ponto de coordenadas E=475.968 e N=9.591.878

O acesso à Barragem, partindo-se de Fortaleza, poderá ser feito pela BR-222 até a Cidade de São Luís do Curu, percorrendo-se 78,6km. Em São Luís do Curu toma-se a CE-162, rodovia estadual em revestimento primário a qual dá acesso a Pentecoste e após ser percorrido 2,0km segue-se pela esquerda por um caminho carroçável pela margem esquerda do Riacho Melancia. Nesta estrada segue-se por mais 2,0km onde chega-se ao local do futuro barramento.

2.2 – CARACTERÍSTICAS DA OBRA

A Barragem Melancia será construída com os materiais das jazidas J-01, J-02, J-03 e J-04 além dos materiais saprolítico das escavações do sangradouro. As jazidas J-01 e J-02 são constituídas de solos SC (areia argilosa) e as jazidas J-03 e J-04 são formadas por solos SM (areia siltosa), portanto, a preferência é utilizar as jazidas J-01 e J-02 no espaldar de montante e solo saprolítico no espaldar de jusante.

O sistema de drenagem interno, incluindo o dreno de pé será construído beneficiando os materiais rochosos das escavações do sangradouro e areia do areal A-01.

Os taludes de montante e jusante tem inclinação de 1:2 (V:H). O coroamento da barragem ficará na cota 51,00m dando assim uma altura máxima da barragem de 21,73m. A extensão da barragem pelo coroamento é de 617,95m.

A cota da barragem no nível normal é 48,00m. Nesta cota a bacia hidráulica tem área de 491,6ha e o volume reservado é de 27,63hm³.

A tomada d'água ficou situada na estaca 21 pela ombreira direita. A galeria tem diâmetro de 300mm e seu eixo fica na cota 35,0m. A vazão regularizada com garantia de 90% é de 134,0l/s.

O Vertedouro da Barragem Melancia foi apresentado na reunião do 50º Painel de Consultores como sendo previsto a ser construído pela ombreira esquerda. Tendo em vista que a restituição para o leito do rio terá um desnível de cerca de 16,0m, o painel em sua reunião 51ª solicitou a possibilidade de deslocá-lo para a ombreira direita. Para tanto foi feito uma sondagem na estaca 53, denominada de SM-101A.



Examinando essa sondagem verifica-se que a cota do terreno natural está na 49,03m. Entre essa cota e a cota 37,62m foi encontrado solo basicamente silte areno argiloso. A rocha, gnaisse muito duro, foi encontrado abaixo dessa cota. Como a soleira da barragem está prevista para a cota 48,00m, verifica-se que haveria a necessidade de construir um muro com mais de 10,00m de altura.

Por essa razão o Consórcio Projetista decidiu apresentar a opção de Vertedouro na ombreira esquerda como já havia sido mostrada na reunião 50ª, otimizando a geometria do canal de aproximação, alinhando-o com o talvegue próximo, de modo a diminuir os volumes de escavação.

Desta forma, o Vertedouro será implantado na ombreira esquerda a qual apresenta uma cobertura de solo sobre uma espessa camada de gnaisse decomposto. A topografia do local do Vertedouro apresenta um relevo suave que atinge a cota máxima na altitude 56,00m.

O topo rochoso é encontrado por volta da cota 45,00m e como a soleira da Barragem foi estabelecida na cota 48,00m com acumulação de 27,36hm³, observa-se que tornou-se necessário o projeto de um perfil creager fundado na cota 44,50m. Projetou-se também uma bacia de dissipação com 16,00m de extensão o ressalto hidráulico ocorra dentro de uma área protegida. A bacia terá uma espessura de 0,50m e será fixada ao maciço rochoso por chumbadores passivo de aço CA-50 de $\phi=25,0\text{mm}$ que terá 5,0m de ancoragem.

Na saída da bacia está previsto a execução de um muro com 1,0m de altura, com 0,20m de soleira e talude para jusante de 1:2 (V:H). Esse muro tem um redente que é encravado até a cota 44,00.

A partir da topografia do local do Vertedouro foi escolhido um eixo ao longo do fluxo montante/jusante para ser escavado o canal. Esse eixo de referência foi estaqueado de 20 em 20 metros da estaca zero, à montante, até a estaca 41+10,07m.

O eixo tem uma curva de concordância circular com os seguintes elementos:

$$AC = 40^{\circ} 00' 00''$$

$$T = 36,397\text{m}$$

$$R = 100,00\text{m}$$

$$D = 69,813\text{m}$$

$$PC = 10 + 3,11$$

$$PT = 13 + 12,92$$



O projeto do canal foi executado utilizando o soft TOPOGRAPH. A partir do terreno obtido do Modelo Digital e da largura da base inferior e das informações dos taludes obtem-se a linha de off-set de escavação. A largura do canal foi de 50,00m. Tendo em vista a necessidade de implantação dos muros laterais foi feita uma transição entre as estacas 20 e 21 onde a largura passa de 50,00m para 70,00m. Entre as estacas 21 e 24 a largura permanece com 70,00m. Entre as estacas 24 e 25 é feita nova transição passando da largura de 70,00m para 50,00.

O volume previsto para essa escavação será de 205.330m³, sendo 97.640m³ de solo e 107.690m³ de rocha. A escavação de solo deverá ser aproveitado na zona de jusante do maciço da barragem. Os volumes de material de solo e rocha foram inferidos a partir das sondagens geotécnicas de subsolo realizados na área.

Tendo em vista que o canal do Vertedouro desenvolveu-se em rocha fraturada de consistência média foram programados e executados dois furos de sondagem mista a 100m e 330m a jusante do perfil creager para identificar as características do material que servirão como superfície de escoamento das águas de sangria.

As estruturas do Vertedouro são compostas do perfil creager, da bacia de dissipação e dos muros laterais que serão de concreto massa.

O perfil dos muros laterais inicia a montante com 1,0 metro de altura, ou seja, na cota 46,00m, prossegue-se para jusante nessa cota por 2,50m. Em seguida sobe em talude 1:2,0 (V:H) até atingir a cota 51,00m. Nessa cota prossegue-se por 10,00m. Em seguida entra em talude 1:2 (V:H) até atingir a cota 48,50m. Nessa cota ele prossegue por 10,93m.

2.3 – FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM

FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM MELANCIA

Identificação

Denominação:.....Barragem Melancia

Estado:.....Ceará

Município:.....São Luís do Curu

Rio Barrado:.....Riacho Melancia

Coordenadas UTM (SAD-69):.....E(X)=475.785; N(Y)=9.591.485

Proprietário:.....SRH/CE

Autor do Projeto:.....Consórcio KL Engenharia, MA/BE e Enerconsult

Data do Projeto:.....Novembro/2005

Bacia Hidrográfica

Área da Bacia Hidrográfica Total:.....136,97km²

Perímetro da Bacia Hidrográfica.....53,80km

Fator de Compacidade.....1,30

Fator de Forma.....0,22

Tempo de Concentração.....7,89h

Declividade Média:.....2,56m/km

Comprimento do Rio Principal:.....25,00km

Pluviosidade Média Anual:.....960,4mm

Evaporação Média Anual:.....1.914,7mm

Evapotranspiração Potencial (Hargreaves):.....1.875,2mm

Insolação Média Anual:.....2.416,6h

Umidade Relativa Média Anual:.....67,9%

Temperatura Média Anual: Média das Máximas.....33,3°C

Temperatura Média Anual: Média das Médias26,6°C

Temperatura Média Anual: Média das Mínimas.....22,0°C

Classificação Climática:DS2A'a'

Classificação Climática Segundo Koeppen:.....BWx'

Características do Reservatório

Área da Bacia Hidráulica (cota 48,00 m):.....491,6ha

Volume Acumulado (cota 48,00 m):.....27,36hm³

Volume Afluente Médio Anual:.....3,505hm³/ano

Vazão Regularizada (90%):.....	0,117m ³ /s
Vazão Máxima de Projeto Amortecida (TR=1.000 anos):.....	220,0m ³ /s
Vazão Máxima de Projeto Amortecida (TR=10.000 anos):.....	302,0m ³ /s
Nível d'água Máximo (TR=1.000 anos):.....	49,63m
Nível d'água Máximo Maximorum (TR=10.000 anos):.....	50,02m

Barragem Principal – Tipo Homogênea de Terra

Altura Máxima:.....	21,73m
Largura do Coroamento:.....	6,00m
Extensão pelo Coroamento:.....	617,95m
Cota do Coroamento:.....	51,00m
Largura Máxima da Base:.....	81,90m
Talude de Montante:.....	1,0(V):2,0(H)
Talude de Jusante:.....	1,0(V):2,0(H)

Tomada D'Água

Tipo:.....	Tubo Flangeado em Aço Carbono Envelopado por Galeria de Concreto
Diâmetro:.....	1- $\phi=300\text{mm}$
Cota do Eixo da Tubulação:.....	35,00m
Controle de Montante:.....	Comporta Stop-Log com Acionamento Manual
Controle de Jusante:	
Registro de Gaveta:.....	1- $\phi=300\text{mm}$
Válvula Borboleta:.....	1- $\phi=300\text{mm}$
Volume Morto (cota 38,00m):.....	1,27hm ³

Vertedouro

Tipo:.....	Perfil Creager com Bacia de Dissipação
------------	--

Soleira:

Cota:.....48,00m

Largura:.....50,00m

Bacia de Dissipação:

Cota:.....45,00m

Largura:.....50,00m

Extensão:.....16,00m

2.4 – DESENHOS NECESSÁRIOS AO MANUAL DE OPERAÇÃO

Neste item são apresentados os desenhos necessários à composição do Manual de Operação e Manutenção.

Destacou-se os seguintes desenhos:

- Bacia Hidráulica – I-2-ME-01/35-010;
- Perfil Longitudinal do Eixo Barrável e Tomada D'Água – I-2-ME-03/35-010;
- Arranjo Geral da Barragem – I-2-ME-04/35-010;
- Localização e Acessos das Ocorrências – I-2-ME-10/35-010;
- Seção Máxima e Detalhes – I-2-ME-11/35-010;
- Seção Tipo da Barragem – I-2-ME-12/35-010;
- Seção da Tomada D'Água e Detalhes Construtivos – I-2-ME-30/35-010.

2.5 – CUIDADOS ESPECIAIS A SEREM OBSERVADOS NA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA BARRAGEM MELANCIA

2.5.1 – Maciço da Barragem

O maciço da barragem tem cerca de 630,00m de extensão está fundado parte sobre gnaisse decomposto e parte sobre gnaisse são a muito alterado.



Os cuidados especiais com o maciço serão os normalmente tomados com barragem de terra, ou seja, cuidado com as erosões dos taludes, observações do surgimento de trincas, verificação de abatimentos excessivos, surgências no talude de jusante, que é um sintoma de mau funcionamento do sistema de drenagem interna.

2.5.2 – Sangradouro

O sangradouro tem um canal de aproximação, um perfil vertedouro tipo creager e um extenso canal de restituição. Da obra essa é a estrutura que irá requerer mais atenção durante o funcionamento. As escavações do canal poderá ficar boa parte em gnaisse decomposto e o desnível entre o fundo do canal de restituição e o leito do rio é da ordem de 17,00m. A dissipação da energia poderá vir causar grandes nichos erosivos, portanto, o monitoramento durante as sangrias deve ser permanente.

2.5.3 – Tomada D'Água

A tomada d'água deverá ser objeto de inspeção contínua. Deve ser examinado a qualidade das estruturas de concreto, aço e as peças em FoFo (registro de gaveta, válvula borboleta e junta de desmontagem).

3 – OBJETIVOS DA ADMINISTRAÇÃO, MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DA BARRAGEM MELANCIA

3 – OBJETIVOS DA ADMINISTRAÇÃO, MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DA BARRAGEM MELANCIA

As diretrizes para o plano de administração, operação e manutenção da Barragem Melancia considera que as características do semi-árido no Ceará, principalmente a escassez de água, tem sido objeto de preocupação crescente a medida que se avança na gestão dos recursos hídricos.

A organização do sistema institucional é um dos instrumentos importantes para gestão das águas no Ceará. A criação da Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH, da Superintendência de Obras Hidráulicas - SOHIDRA, a aprovação da Lei Estadual de Recursos Hídricos, a criação da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH e o monitoramento do tempo e do clima realizado pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME, tem contribuído para uma convivência menos traumática com o fenômeno cíclico das secas.

A ação da SRH e da COGERH nas bacias hidrográficas no Estado tem se pautado nos princípios da participação da sociedade na gestão dos recursos hídricos, na descentralização da política estadual para o setor e na integração institucional dos diversos interesses e tipos de uso no gerenciamento das águas de domínio do Estado.

Neste sentido, vários canais de participação tanto nas bacias hidrográficas, quanto nos açudes estaduais foram abertos para uma efetiva participação dos usuários no processo de gestão das águas. Nas bacias hidrográficas a organização dos comitês iniciado pela COGERH, tem suscitado o desejo dos usuários, dos poderes municipais e das instituições que atuam nos municípios de participarem deste processo. Nos açudes a organização dos usuários através de associações e conselhos de gerenciamento tem despertado o interesse dos usuários e gerado demandas para que sejam desenvolvidas planos de operação dos mesmos.

As populações que utilizam-se das águas dos açudes estaduais e federais existentes no Ceará, já desenvolvem diversas formas de intercâmbio e de organização. Percebe-se a existência de mediações que os usuários destas áreas estabelecem com os poderes locais e com as entidades municipais. Toda essa dinâmica sócio-cultural e institucional deve ser levada em conta no processo de administração, operação, manutenção e monitoramento do açude Melancia.

A gestão participativa do açude Melancia, requer, portanto o conhecimento e a compreensão das formas de organização existentes, das mediações institucionais e dos diversos tipos de usos e de usuários, mesmo quando a prioridade é o abastecimento público.



O objetivo do apoio ao processo de gestão do açude Melancia tem como finalidade os seguintes aspectos a gestão integrada do referido sistema, o planejamento e o gerenciamento tanto do ponto de vista operacional quanto administrativo através da participação dos usuários e das Instituições locais envolvidas na gestão do açude.

Para que essa obra possa servir continuamente as comunidades envolvidas no sistema é necessário que a COGERH disponha de um procedimento para acompanhar, corrigir as anomalias que forem surgindo e fazer a operação da obra. Razão pela qual foi preparado esse manual de operação e manutenção.

4 – TREINAMENTO DA EQUIPE RESPONSÁVEL PELA OPERAÇÃO



4 – TREINAMENTO DA EQUIPE RESPONSÁVEL PELA OPERAÇÃO

A COGERH deve fazer um treinamento com a equipe a ser responsável pela operação e manutenção da Barragem Melancia.

Esse treinamento pode ser constituído de seminários para o pessoal a ser mobilizado na operação e manutenção onde será feita uma apresentação do projeto e mostrados os parâmetros de operação tais como: vazão a ser regularizada, cota mínima de operação.

Nesse seminário deverá também ser mostrado estudos de caso de barragens que apresentaram problemas e como tiveram as ações corretivas.

Recomenda-se que a estrutura de manutenção e operação da barragem seja formada pela seguinte equipe.

- 01 agente de operação residente;
- 02 engenheiros da COGERH;
- 01 consultor de barragens.

Recomenda-se, ainda, que seja instalado na barragem pelo menos um pluviômetro para fazer o acompanhamento diário da altura de chuva precipitada no lago da barragem.

Recomenda-se, também, que a COGERH faça a instalação de réguas linimétricas para que se saiba diariamente a cota do nível d'água na Barragem.

5 – SISTEMÁTICA DE MANUTENÇÃO ROTINEIRA



5 – SISTEMÁTICA DE MANUTENÇÃO ROTINEIRA

A manutenção rotineira será realizada pelo Agente de Guarda devidamente treinado pela COGERH. No período chuvoso os intervalos devem ser semanais e nos períodos secos os intervalos serão mensais.

Esses intervalos serão diminuídos quando da ocorrência de chuvas intensas, ou quando observados comportamentos anormais como reensas, erosões, elevação rápida do nível d'água no reservatório.

Nas inspeções para manutenção rotineira deve-se sempre observar os seguintes itens:

Barragem

- Coroamento;
- Talude de Montante;
- Talude de Jusante;
- Dispositivos de Drenagem Superficial.

Vertedouro

- Canal de Aproximação;
- Canal de Restituição;
- Estrutura de Fixação da Cota da Soleira;
- Bacia Amortecedora;
- Muros de Proteção Lateral.

Tomada D'Água

- Boca de Entrada;
- Comporta da Caixa de Montante;
- Estado do Cabo de Içamento;
- Estado do Registro de Gaveta;
- Estado da Válvula Borboleta;
- Inspeção da Caixa de Jusante;
- Verificação das Condições da Régua de Medida da Lâmina do Vertedouro Triangular.



Reservatório

- Exame de borda do reservatório e anotação de anomalias.

Região a Jusante da Barragem

- Examinar as características das águas de reventas, se estão limpas ou se carreiam solos finos em suspensão;
- Examinar se existe ou está surgindo alguma reventa bem a jusante da barragem, se for o caso comunicar imediatamente a COGERH.

Estrada de Acesso

- Examinar a qualidade da estrada de acesso à barragem, principalmente no pós período chuvoso;
- O resultado das observações feitas no campo deve ser comunicado à gerência de operação e manutenção da COGERH.

6 – INSPEÇÃO PARA AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DA BARRAGEM

6 – INSPEÇÃO PARA AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DA BARRAGEM

6.1 – INTRODUÇÃO

As inspeções para levantamento das condições atuais das estruturas do barramento e obras complementares devem ser feitas periodicamente pelos engenheiros da COGERH treinados para avaliar as diversas avarias possíveis de ocorrer com a obra. Eventualmente esse visita poderá ter a presença de um consultor de barragens.

Esse capítulo tomou como base o Manual de Segurança e Inspeção de Barragens, elaborado pelo Ministério da Integração Nacional e o Guia Básico de Segurança de Barragens, confeccionado pelo Comitê Brasileiro de Barragens.

6.2 – OBJETIVO

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

6.3 – AVALIAÇÕES DO PROJETO, CONSTRUÇÃO E DESEMPENHO

Os problemas da barragem e das suas estruturas associadas devem ser revistos para avaliar as condições de desempenho pretendidas e os atuais. Todos os dados e registros da engenharia, originados durante a construção, devem ser revistos, a fim de determinar se as estruturas foram edificadas como projetadas ou se as revisões necessárias foram feitas em todas as situações normais ou imprevistos.

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

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



São indícios de desenvolvimento de condições inseguras em potencial:

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

6.4 – IDENTIFICAÇÃO E REGISTROS DOS PROBLEMAS E FRAGILIDADES

Os registros devem ser pesquisados e a barragem deve ser vistoriada em razão de:

- Evidência de defeitos na construção;
- Aumento da percolação ou vazamento;
- Perigos geológicos aparentes;
- Mau funcionamento dos equipamentos mecânicos e;
- Indícios progressivos de deterioração ou enfraquecimento da estrutura e/ou fundação.

6.5 – ROTEIRO PARA INSPEÇÃO DA BARRAGEM

6.5.1 – Considerações Gerais

O objetivo da inspeção é identificar anomalias ou preocupações que afetem potencialmente a segurança da barragem. Assim, é importante inspecionar a superfície completa da área de um maciço. A técnica geral é caminhar sobre os taludes e o coroamento, tantas vezes quantas sejam necessárias, de forma a observar a superfície da área claramente.

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 de superfície. Para que toda a superfície da barragem tenha sido coberta, serão necessários alguns passos a serem, cumpridos. Na verdade, não importa o tipo de trajetória que seja dada, o importante é toda a superfície tenha sido coberta.

TRAJETÓRIAS	DESCRIÇÃO
Caminho em ziguezague	Caminhar subindo e descendo os taludes e atravessando a crista em diagonal
Caminho em paralelo ao eixo da barragem	Bom para pequenos barramentos



Em intervalos regulares, enquanto se caminha pelos taludes e coroamento, deve-se parar e olhar em todas as direções.

- Observar a superfície a partir de diferentes perspectivas, o que pode revelar uma deficiência que poderia de outra forma não ter sido observada;
- Verificar o alinhamento da superfície.

Observando o talude à distância, pode-se revelar um número de anomalias tais como: distorções nas superfícies do maciço, ausência de revestimento etc.

As áreas onde o aterro encosta-se às ombreiras deverão ser inspecionadas com muito cuidado, porque:

- Estas áreas são suscetíveis à erosão superficial;
- Frequentemente aparecem percolações nos contatos mais sujeitos a percolação.

6.5.2 – Detectando Anomalias

- Tipos de anomalias mais comum de serem encontradas;
- Impacto das anomalias na segurança de uma barragem;
- Ações que devem ser tomadas quando identificadas as anomalias.

6.5.3 – Tipos de Anomalias Comumente Encontradas em Barragens

As barragens estão sujeitas a alguns tipos de anomalias que incluem:

- 1) Percolações (Revenças);
- 2) Trincas ou fraturas;
- 3) Instabilidade;
- 4) Depressões:
 - Recalques localizados;
 - Afundamentos.
- 5) Má manutenção:
 - Proteção inadequada do talude;
 - Erosão superficial;
 - Árvores e arbustos;
 - Tocas de animais.

6.5.4 – Percolações

A passagem da água pelo maciço e fundação é chamada de percolação.

A percolação torna-se um problema quando o solo do maciço ou da fundação é carreado pelo fluxo de água, ou quando ocorre um aumento de pressão na barragem ou na fundação. A percolação, quando não controlada pela drenagem interna incorporada na barragem e fundação, é geralmente chamada de percolação não controlada.

O contato do maciço com a ombreira é especialmente favorável à percolação, porque o aterro próximo ao maciço às vezes é difícil de ser compactado.

Ações de Inspeção:

- Localizar os pontos de revências;
- Medir as vazões e o turbidez;
- Registrar a ocorrência de precipitação recente que possa afetar a medição e turbidez da água;
- Anotar o nível do reservatório no momento da medição da vazão;
- Aumento da vazão com a elevação do reservatório é preocupante.

Pode-se usar corante para confirmar se o reservatório é a fonte da percolação (procedimento não-rotineiro).

Caso haja saída de material:

- Verificar a granulometria do material carreado;
- Medir a vazão;
- Comunicar em seguida à instância superior para avaliar a ameaça à integridade da barragem e as medidas corretivas a serem tomadas.

Medidores de vazão avermelhados podem indicar que material de aterro e fundação tem sido carreado. Pode tratar-se, no entanto, de material superficial carreado até a estrutura. Esta dúvida deve ser esclarecida.

6.5.4.1 – Trincas

As trincas no maciço se enquadram nas três categorias a seguir:

- Trincas de ressecamento (devido ao ressecamento e contração do solo);
- Trincas transversais;



- Trincas longitudinais.

a) Trincas de Ressecamento

Crista ou talude de jusante.

Ações de Inspeção:

- Fotografar e registrar a localização, direção, profundidade, comprimento e largura;
- Comparar com medições anteriores.

b) Trincas Transversais

Perigosas, se prosseguem até o nível abaixo da cota de reservação, pois podem criar um caminho de percolação concentrado. Indicam a presença de recalques diferenciais dentro do aterro ou da fundação. Frequentemente ocorrem quando há:

- Material compactado do maciço sobre ombreiras íngremes e irregulares;
- Zonas de materiais compressíveis na fundação.

Ações de Inspeção:

- Fotografar e registrar a localização, direção, profundidade, comprimento e largura de cada trinca observada;
- Monitorar as mudanças nas trincas;
- Determinar a causa;

c) Trincas Longitudinais

Ocorrem na direção paralela ao comprimento da barragem. Pode indicar:

- Recalques desiguais entre materiais de diferentes compressibilidades no maciço;
- Recalques excessivos e expansão lateral do maciço;
- Começo de instabilidade do talude;
- Permitem a penetração de água no maciço. Quando a água penetra no maciço, a resistência do material junto à trinca é diminuída. A redução da resistência pode acelerar o processo de ruptura do talude.

**Ações de Inspeção:**

- Fotografar e registrar a localização, profundidade, comprimento e largura de cada trinca observada;
- Monitorar as mudanças nas trincas;
- Determinar a causa;

6.5.4.2 – Instabilidade de Taludes

É referida aos vários deslizamentos, deslocamentos e pode ser agrupada em duas categorias:

- Ruptura superficial;
- Ruptura profunda;

a) Ruptura Superficial

Talude de Montante: Rebaixamento rápido com deslizamentos superficiais. Não causam ameaça à integridade da barragem, mas podem causar obstrução da tomada d'água e deslizamentos progressivos mais profundos.

Talude de Jusante: Deslizamentos rasos provocam aumento na declividade do talude e podem indicar perda de resistência do maciço, por saturação do talude, por percolação ou pelo fluxo superficial.

Ações de Inspeção:

- Fotografar e registrar a localização, profundidade, comprimento e largura de cada trinca observada;
- Medir e registrar a extensão e deslocamento do material movimentado;
- Procurar por trincas nas proximidades, especialmente acima do deslizamento;
- Verificar percolações nas proximidades;
- Monitorar a área para determinar se as condições estão evoluindo.

b) Ruptura Profunda

É séria ameaça à integridade da barragem. É caracterizada por:

- Talude de deslizamento íngreme bem definido;
- Movimento rotacional e horizontal bem definido;



- Trincas em formato de arco.

Ações de Inspeção:

As rupturas profundas, tanto no talude de montante como de jusante, podem ser indicações de sérios problemas estruturais. Na maioria dos casos, irá requerer o rebaixamento ou drenagem do reservatório para prevenir possíveis aberturas do maciço.

Se há suspeita de deslizamento, deve-se:

- Inspeccionar com muito cuidado a área trincada ou escorregada que indique a causa do deslizamento;
- Recomendar uma investigação para determinar a magnitude e a causa do evento, caso a suspeita seja de ruptura profunda;
- Recomendar o rebaixamento do reservatório;

6.5.4.3 – Depressões

Pode ser localizadas ou abrangentes.

Podem ser causadas por recalque no maciço ou fundação. Tais recalques podem resultar na redução da borda livre (folga) e representa um potencial para o transbordamento da barragem durante o período das cheias.

A ação das ondas no talude de montante pode remover o material fino do maciço ou a camada de apoio (transição) do rip-rap, descalçando-o e formando uma depressão quando o rip-rap recalca sobre o espaço vazio.

Erosão regressiva ou piping com o subsequente colapso do material sobrejacente.

Algumas áreas da superfície do maciço que pareciam depressões ou afundamentos podem ter sido resultado de finalização inadequada da construção, mas, mesmo assim, a causa deve ser determinada.

As depressões podem ser de dois tipos:

- Os **recalques localizados**, que apresentam inclinações suaves em formato de bacia;
- Os **afundamentos** (sinkholes), que apresentam lados íngremes por colapso (cisalhamento) devido a um vazio no solo subjacente.

Ações de Inspeção:

Recalques Localizados: Embora os recalques, na maioria dos casos, não representem perigo imediato para a barragem, eles podem ser indicadores iniciais de outros sérios problemas. A inspeção deverá:

- Fotografar e registrar a localização, tamanho e profundidade da cada recalque observado;
- Examinar, cuidadosamente, o fundo da depressão localizada para determinar se existe um vazio subjacente ou fluxo de água que poderia indicar a presença de um afundamento.

Afundamentos:

- Examinar cuidadosamente o fundo da depressão localizada para determinar se existe um grande vazio subjacente;
- Fotografar e registrar a localização, tamanho e profundidade do afundamento observado;
- Investigar a causa do afundamento e determinar se existe ameaça à barragem.

6.5.4.4 – Anomalias Afetadas pela Falta de Manutenção

Manutenção inclui medidas de rotina a serem tomadas para proteger e manter a barragem. As anomalias associadas à manutenção inadequada incluem:

- Proteção inadequada de taludes;
- Erosão superficial;
- Crescimento de vegetação (não apropriado);
- Tocas de animais.

a) Proteção Inadequada de Taludes

A proteção dos taludes é feita para prevenir os erosões dos mesmos.

O talude de montante é protegido com uma camada de transição e um rip-rap e o de jusante é protegido com uma camada de cascalho.

A construção inadequada destas proteções pode induzir em regiões falhas necessitadas de correção.



As falhas podem ocorrer por falta de compactação do material do talude e/ou por deficiência da drenagem superficial.

Ações de Inspeção:

- Verificar se a proteção é adequada o bastante para prevenir erosão;
- Procurar formação de praias, taludes íngremes e degradação da proteção.

Se a proteção for considerada inadequada:

- Registrar e fotografar a área;
- Determinar a quantidade de material removido;
- Reparar a proteção inadequada.

b) Erosão Superficial

É um dos problemas de manutenção mais comuns de estruturas de aterros. Se não for corrigida a tempo, podem tornar-se problema muito sério.

Erosões profundas:

- Causam trincas e brechas no coroamento;
- Encurtam o caminho de percolação devido à redução da seção transversal da barragem.

c) Árvores e Arbustos

O crescimento de árvores e arbustos, tanto nos taludes de montante e jusante quanto na área imediatamente à jusante da barragem, deve ser prevenido pelas seguintes razões:

- Permite o levantamento e inspeção das estruturas e áreas adjacentes visando observar percolação, trincas, afundamentos, deflexões, mal funcionamento do sistema de drenagem e outros sinais de perigo;
- Permite acesso adequado às atividades de operação normal e de emergência e manutenção;
- Previne danos às estruturas devido ao crescimento das raízes, tais como encurtamento do caminho de percolação, vazios no maciço pela decomposição de raízes ou arrancamento de árvores, expansão de juntas nos muros de concreto, canais ou tubulações, entupimento de tubos perfurados de drenagem;



- Desencoraja as atividades (pela eliminação da fonte de alimentação e habitat) de animais visando prevenir tocas dentro do maciço e possíveis caminhos de percolação.

d) Tocas de Animais

Podem até levar à ruptura da barragem por erosão interna (piping) quando passagens ou ninhos de animais:

- Fazem a conexão do reservatório com o talude de jusante ou o encurtamento dos caminhos de percolação;
- Penetram no núcleo central da barragem;

Buracos rasos ou confinados num lado do aterro, ou tocas na parte inferior do talude, onde a seção transversal é extensa, são menos perigosos do que buracos em seções mais estreitas.

Ações de Inspeção:

- Procurar por evidências de percolação provenientes de tocas no talude de jusante ou na fundação;
- Local e registrar a profundidade estimada das tocas para comparar com as futuras inspeções a fim de verificar se o problema está evoluindo;
- Se representar perigo para a barragem, remover e erradicar as tocas.

6.6 – RELATÓRIO SOBRE A INSPEÇÃO DA BARRAGEM

Como decorrência da visita de inspeção, realizada conforme programação proposta no Manual de Operação e Manutenção, será elaborado um relatório técnico descrevendo a situação da obra, particularizando os elementos inspecionados que serão mostrados a partir de rico documento fotográfico. As observações verificadas no campo serão comparadas com os informes enviados pelo Agente Zelador da barragem, através dos boletins informativos preparados pelo setor técnico da Gerência de Operação e Manutenção da COGERH. O resultado da análise dos informes e das observações deverão ser exaustivamente comentados, procurando avaliar o verdadeiro estado da barragem e seus componentes.

As irregularidades constatadas deverão ser suficientemente frisadas de modo que as medidas corretivas indicadas no Relatório Técnico sejam imediatamente providenciadas, a fim de que a visita de inspeção seguinte possibilite à Comissão Técnica fazer seu devido registro.



Os Relatórios Técnicos das visitas deverão ser devidamente informatizados de modo que se constituam elemento de importância no acompanhamento do desempenho da barragem e todas as suas finalidades.

As informações a serem coletadas e lançadas nos boletins informativos de campo, pela equipe de inspeção, devem conter, dentre outros os seguintes dados:

- a) Data e hora das observações;
- b) Cota de nível d'água na barragem;
- c) Descarga do sangradouro;
- d) Mudanças eventuais na descarga da galeria da tomada d'água;
- e) Medição das vazões de percolação;
- f) Análise visual da turbidez da água;
- g) Inspeção dos taludes e coroamento da barragem;
- h) Inspeção do sangradouro.

7 – CÁLCULO DA TARIFA MÉDIA

7 – CÁLCULO DA TARIFA MÉDIA

7.1 – INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como finalidade a apresentação do valor da tarifa de água da Barragem Melancia. O custo da tarifa média foi calculado considerando que o investimento mais o custo com operação e manutenção e mais o custo com energia serão pagos em 20 anos com taxa de juros de 12%a.a e taxa de remuneração do capital de 6%a.a.

O custo de operação e manutenção foi obtido a partir das seguintes suposições.

A equipe formada por:

- 01 agente zelador (tempo integral);
- 04 operários (tempo parcial);
- 02 engenheiros (tempo parcial);
- 01 consultor (tempo parcial).

O tempo de permanência anual desta equipe é demonstrada abaixo:

- 01 agente zelador – 01 x 2112 horas/ano x 3,5 R\$/horas = 7.392 R\$/ano;
- 04 operários – 04 x 704 horas/ano x 2,30 R\$/horas = 6.476 R\$/ano;
- 02 engenheiros – 02 x 120 horas/ano x 35,00 R\$/hora = 8.400 R\$/ano;
- 01 motorista – 01 x 120 horas/ano x 3,5 R\$/horas = 420,00 R\$/ano;
- Veículo – 01 x 4000 km/ano x 1,20 R\$/km = 4.800 R\$/ano;
- Hospedagem – 24 diárias/ano x 100,00 R\$/diária = 2.400 R\$/ano;
- Equipamentos – 300 horas/ano x 70 R\$/hora = 21.000,00 R\$/ano;
- 01 consultor – 30 horas/ano x 120 R\$/hora = 3.600 R\$/ano.
- Sub-Total = 54.488,00 R\$/ano
- Despesa diversa 10% - 5.448 R\$/ano
- Total \cong 60.000,00R\$/ano

O custo da tarifa foi obtido pela expressão:

$$TM = \frac{CS}{Vd}$$

Sendo:

TM = tarifa média

CS = custo dos investimentos + custo de operação e manutenção + custo com energia

Vd = volume demandado em m³ (84.516.480,00m³)

O custo **CS** foi de R\$12.055.260,79 (doze milhões e cinqüenta e cinco mil e duzentos e sessenta reais e setenta e nove centavos), obtido conforme planilha mostrada a seguir:

Desta forma o custo da tarifa ficou em:

$$TM = \frac{12.055.260,79}{84.516,480} = 0,14R\$/m^3$$

A planilha de cálculo dos custos de investimento + operação + manutenção + custo com energia é mostrada abaixo:

Cálculo do Valor Presente dos Custos Investimento Operação e Manutenção					
Ano	Investimento Inicial (R\$)	Operação + Manutenção	Custo com Energia (R\$)	Total	Valor Presente (R\$)
0	11.734.096,00	-		11.734.096,00	11.734.096,00
1		60.000,00	0,00	60.000,00	5.0847,46
2		60.000,00	0,00	60.000,00	4.3091,07
3		60.000,00	0,00	60.000,00	36.517,85
4		60.000,00	0,00	60.000,00	30.947,33
5		60.000,00	0,00	60.000,00	26.226,55
6		60.000,00	0,00	60.000,00	22.225,89
7		60.000,00	0,00	60.000,00	18.835,50
8		60.000,00	0,00	60.000,00	15.962,29
9		60.000,00	0,00	60.000,00	13.527,36
10		60.000,00	0,00	60.000,00	11.463,87
11		60.000,00	0,00	60.000,00	9.715,14
12		60.000,00	0,00	60.000,00	8.233,17
13		60.000,00	0,00	60.000,00	6.977,26

Cálculo do Valor Presente dos Custos Investimento Operação e Manutenção					
Ano	Investimento Inicial (R\$)	Operação + Manutenção	Custo com Energia (R\$)	Total	Valor Presente (R\$)
14		60.000,00	0,00	60.000,00	5.912,94
15		60.000,00	0,00	60.000,00	5.010,96
16		60.000,00	0,00	60.000,00	4.246,58
17		60.000,00	0,00	60.000,00	3.598,80
18		60.000,00	0,00	60.000,00	3.049,83
19		60.000,00	0,00	60.000,00	2.584,60
20		60.000,00	0,00	60.000,00	2.190,34
					12.055.260,79



ANEXO 1 – DESENHOS

RELAÇÃO DOS DESENHOS	
DESENHO Nº	DESCRIÇÃO
I-2-ME-01/35-010	Bacia Hidráulica
I-2-ME-03/35-010	Perfil Longitudinal do Eixo Barrável
I-2-ME-04/35-010	Arranjo Geral das Obras
I-2-ME-10/35-010	Planta de Locação das Ocorrências e Resumo dos Ensaios de Laboratório
I-2-ME-11/35-010	Seção Máxima e Detalhes
I-2-ME-12/35-010	Seções Tipo da Barragem
I-2-ME-30/35-010	Seção da Tomada D'Água e Detalhes