

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 JUCÁ

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

BARRAGEM JUCÁ

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

JULHO DE 2006

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	4
1 – INTRODUÇÃO	8
2 – CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM JUCÁ	10
2.1 – LOCALIZAÇÃO E ACESSO	10
2.2 – CARACTERÍSTICAS DA OBRA	10
2.3 – FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM.....	12
2.4 – DESENHOS NECESSÁRIOS AO MANUAL DE OPERAÇÃO	14
2.5 – CUIDADOS ESPECIAIS A SEREM OBSERVADOS NA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA BARRAGEM JUCÁ	15
2.5.1 – Maciço da Barragem.....	15
2.5.2 – Sangradouro	15
2.5.3 – Tomada D’Água	15
3 – OBJETIVOS DA ADMINISTRAÇÃO, MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DA BARRAGEM JUCÁ.....	17
4 – TREINAMENTO DA EQUIPE RESPONSÁVEL PELA OPERAÇÃO.....	20
5 – SISTEMÁTICA DE MANUTENÇÃO ROTINEIRA.....	22
6 – INSPEÇÃO PARA AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DA BARRAGEM	25
6.1 – INTRODUÇÃO	25
6.2 – OBJETIVO.....	25
6.3 – AVALIAÇÕES DO PROJETO, CONSTRUÇÃO E DESEMPENHO.....	25
6.4 – IDENTIFICAÇÃO E REGISTROS DOS PROBLEMAS E FRAGILIDADES	26
6.5 – ROTEIRO PARA INSPEÇÃO DA BARRAGEM.....	26
6.5.1 – Considerações Gerais.....	26

6.5.2 – Detectando Anomalias	27
6.5.3 – Tipos de Anomalias Comumente Encontradas em Barragens.....	27
6.5.4 – Percolações	28
6.5.4.1 – Trincas.....	29
6.5.4.2 – Instabilidade de Taludes.....	30
6.5.4.3 – Depressões	32
6.5.4.4 – Anomalias Afetadas pela Falta de Manutenção	33
6.6 – RELATÓRIO SOBRE A INSPEÇÃO DA BARRAGEM	35
7 – CÁLCULO DA TARIFA MÉDIA	38
7.1 – INTRODUÇÃO	38
ANEXO	
ANEXO 1 – RELAÇÃO DE 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 Técnicas, Ambientais, Financeiras e Econômicas

TOMO 1 – Relatório de Avaliações Técnica, Ambiental, Financeira e Econômica

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

VOLUME I: EIA

VOLUME II: RIMA

Módulo IV: Detalhamento do Projeto Executivo das Barragens

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 do 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 Jucá**, 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 N°11/PROGERIRH/SRH/2003, o Manual de Administração, Operação e Manutenção da Barragem Jucá.

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 JUCÁ

2 – CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM JUCÁ

2.1 – LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O sítio do barramento localiza-se no rio Jucá, no distrito de Cococi, no município de Parambu.

O acesso ao local da obra é feito a partir de Fortaleza pela rodovia BR-020 até chegar à cidade de Tauá, percorrendo 344,7 km. Continuando o percurso pela BR-020, caminha mais 19 km até atingir a entrada de uma estrada vicinal carroçável, pela margem esquerda da rodovia federal. Por esta estrada de terra percorre-se 6,0 km até o distrito de Marrecas e mais 12 km até um entroncamento Cococá-Cococi. Este entroncamento é a interseção da estrada vicinal que leva a Cococá e por um caminho de fazenda, percorre-se 12 km, até chegar a Cococi. Continuando pelo caminho de acesso a fazendas, percorre-se mais 7,0km até alcançar uma localidade denominada Formiga. Da localidade de Formiga, pelo mesmo caminho e percorrendo mais 1,2km, chega-se a localidade de Barra. Da localidade de Barra, percorrendo mais 2,6km chega-se ao eixo barrável.

Outro acesso ao local do eixo da barragem Jucá é feito partindo-se de Aiuaba na direção de Cococi (distrito de Parambu) pela CE-284 (estrada carroçável), percorrendo-se 28 km até o distrito de Barra, toma-se a direita seguindo pela estrada da Confiança (no sentido de Cococi) percorre-se 22 km onde entra-se a esquerda e percorrendo mais cerca de 12 km, chega-se ao distrito de Cococi. Deste distrito ao eixo dista-se 7,0 km. Este eixo barra o riacho Jucá, na localidade denominada Formiga.

2.2 – CARACTERÍSTICAS DA OBRA

O maciço da barragem será do tipo homogêneo de solo, com coroamento na cota 434,60m, com 6,0 metros de largura e altura máxima de 18,30m. a extensão pelo coroamento é de 380,27m e os taludes de montante e jusante tem inclinação de 1:2 (V:H).

A tomada d'água está localizada na estaca 65 do eixo pela ombreira direita. O diâmetro é de 300mm e a vazão regularizada com 90% de garantia é 0,123m³/s. O eixo da galeria ficará na cota 423,00m. A tomada d'água será operada entre as cotas 430,00m e 425,00m. O volume disponível para utilização será de 26,96hm³.

O Vertedouro da Barragem Jucá será acomodado em um ponto de sela pela ombreira direita. A cota do perfil creager é 430,00m. Como foi observado nos estudos geotécnicos o maciço rochoso é formado de pacotes de arenitos fraturados e alterados.

Por esta razão e levando em conta as vazões dos estudos hidrológicos projetou-se um canal escavado com 100,00m de largura na cota 427,00m. O canal tem duas curvas para a esquerda. O canal está estaqueado entre as estacas 0+000 a 0+400 tendo, portanto 400,00m de comprimento.

O ponto de interseção entre o eixo do levantamento da Barragem e o canal do Vertedouro, ou seja, onde há a igualdade é EST 88 da Barragem é igual a EST 0+201,42m do eixo do canal Vertedouro.

O projeto do Vertedouro consistiu de um canal escavado na cota 427,00m com 100,00m de largura, a construção de um muro creager com 90,00m de largura, muros laterais e diques de fechamento. Para jusante foi previsto uma bacia de dissipação com 35,00m de extensão. O topo da laje da bacia de dissipação ficará na cota 427,00m. A laje terá espessura de 0,50m e será fixado ao maciço de arenito por chumbadores passivos de aço CA-50 de $\phi 25,0\text{mm}$ com comprimento de 5,00m distribuídos em uma malha quadrada de 2,00m x 2,00m. Conforme sugestão contida no último relatório do Painel o de N^o55 o “endsill” (pretuberância) no final da laje de dissipação foi retirado. No redente de engastamento no final da laje foi prevista uma amarração com aço de 25,00mm de diâmetro executada ao longo do redente em duas linhas com furos espaçados de 1,0m e defasados de 0,50m. Os chumbadores terão 5,50m de comprimento útil e o cut-off está todo armado com armadura incorporada à laje.

Chama-se especial atenção durante as escavações do canal do vertedouro. Tendo em vista o tipo de rocha (arenito) o processo de escavação deve ser precedido de mais uma campanha de sondagens rotativa para avaliar a possibilidade de ser mantido os taludes de projeto. Também durante as escavações deve-se continuamente observado os materiais encontrados. É comum em formações sedimenta tipo arenito aparecer lente preenchidas com solos normalmente siltes argilosos, se o mergulho dessas lentes for para dentro do canal, providencias devem ser tomadas, tais como: remoção das lentes, criação de bermas ou até mesmo estabilização destas com placas atirantada. Essas questões serão decididas no passo a passo da obra. É importante que o consórcio projetista faça visitas periódicas durante a execução.

O processo de detonação e desmonte das escavações do canal do vertedouro deverá ser acompanhada por especialista em desmonte e o fogo deve ser cuidadoso.

2.3 – FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM

FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM JUCÁ**Identificação**

Denominação:.....Barragem Jucá
Estado:.....Ceará
Município:.....Parambu
Rio Barrado:.....Rio Jucá
Coordenadas UTM (SAD-69):.....E(X)=327.620; N(Y)=9.286.874
Proprietário:.....SRH/CE
Autor do Projeto:.....Consórcio KL Engenharia, MA/BE e Enerconsult
Data do Projeto:.....Julho/2005

Bacia Hidrográfica

Área da Bacia Hidrográfica Total:.....644,62km²
Perímetro da Bacia Hidrográfica.....116,811km
Fator de Compacidade.....1,30
Fator de Forma.....0,49
Tempo de Concentração.....6,26h
Declividade Média:.....9,76m/km
Comprimento do Rio Principal:.....436,17km
Pluviosidade Média Anual:.....925,7mm
Evaporação Média Anual:.....2548mm
Evapotranspiração Potencial (Hargreaves):.....2037mm
Insolação Média Anual:.....2.540,2h

Umidade Relativa Média Anual:.....	61,6%
Temperatura Média Anual: Média das Máximas.....	31,6°C
Temperatura Média Anual: Média das Médias	26,6°C
Temperatura Média Anual: Média das Mínimas.....	21,0°C
Classificação Climática:	DS2A'a'
Classificação Climática Segundo Koeppen:.....	BWx'

Características do Reservatório

Área da Bacia Hidráulica (cota 430,00m):.....	823,1ha
Volume Acumulado (cota 430,00m):.....	31,8hm ³
Volume Afluente Médio Anual:.....	8,045hm ³ /ano
Vazão Regularizada (90%):.....	0,123m ³ /s
Vazão Máxima de Projeto Amortecida (TR=1.000 anos):.....	2.316m ³ /s
Vazão Máxima de Projeto Amortecida (TR=10.000 anos):.....	3.072m ³ /s
Nível d'água Máximo (TR=1.000 anos):.....	432,90m
Nível d'água Máximo Maximorum (TR=10.000 anos).....	433,60m

Barragem Principal – Tipo Homogênea de Terra

Altura Máxima:.....	18,30m
Largura do Coroamento:.....	6,00m
Extensão pelo Coroamento:.....	380,27m
Cota do Coroamento:.....	434,60m
Largura Máxima da Base:.....	79,37m
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 Envelado por Galeria de Concreto

Diâmetro:.....1- $\phi=300\text{mm}$

Cota do Eixo da Tubulação:.....423,00m

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 425,00m):.....4,34hm³

Vertedouro

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

Soleira:

Cota:.....430,00m

Largura:.....90,00m

Bacia de Dissipação:

Cota:.....427,00m

Largura:.....90,00m

Extensão:.....35,00m

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-JU-01/33-010;
- Arranjo Geral da Barragem – I-2-JU-04/33-010;

- Perfil Longitudinal do Eixo Barrável e Tomada D'Água – I-2-JU-05/33-010;
- Localização e Acessos das Ocorrências – I-2-JU-10/33-010;
- Seção Máxima e Detalhes – I-2-JU-11/33-010;
- Seção Tipo da Barragem – I-2-JU-12/33-010;
- Seção da Tomada D'Água e Detalhes Construtivos – I-2-JU-27/33-010.

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

2.5.1 – Maciço da Barragem

O maciço da barragem tem cerca de 766,97m de extensão pelo coroamento. Os espaldares serão assentes no maciço de solo residual, após a retirada de uma camada de escavação obrigatória. Já o cut-off ficará assente sobre arenitos fraturados após a retirada de lentes de areias. Está previsto a execução de uma cortina de impermeabilização, porém deve-se sempre acompanhar as percolações pela fundação e observar o comportamento para os diversos níveis do lago.

Os cuidados de uma forma geral serão os normalmente tomados com barragens 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 sugere algum problema no sistema de drenagem interna.

2.5.2 – Sangradouro

O sangradouro será executado em um canal escavado em arenitos, com soleira de fixação através de um perfil creager de pequena altura. Está previsto a execução de um trecho de bacia de dissipação em laje com encrave nas extremidades. Os cuidados maiores com a estrutura do sangradouro, serão a estabilidade dos taludes e a erosão do canal de restituição pois haverá uma carga cinética de cerca de 20,00m no percurso do canal até o leito do rio Jucá.

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 JUCÁ

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

As diretrizes para o plano de administração, operação e manutenção da Barragem Jucá 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 desenvolvidos 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 Jucá.

A gestão participativa do açude Jucá, 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 Jucá 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 Jucá.

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 carregam 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 Jucá, 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 carregado 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:

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

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 (77.578.560,00m³)

O custo **CS** foi de R\$16.021.164,79 (dezesesseis milhões e vinte e um mil e cento e sessenta e quatro reais e setenta e nove centavos), obtido conforme planilha mostrada a seguir:

Desta forma o custo da tarifa ficou em:

$$TM = \frac{16.021.164,79}{77.578.560,00} = 0,21R\$ / m^3$$

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	15700000,00			15700000,00	15700000,00
1		60000,00	0,00	60000,00	50847,46
2		60000,00	0,00	60000,00	43091,07
3		60000,00	0,00	60000,00	36517,85
4		60000,00	0,00	60000,00	30947,33
5		60000,00	0,00	60000,00	26226,55
6		60000,00	0,00	60000,00	22225,89
7		60000,00	0,00	60000,00	18835,50
8		60000,00	0,00	60000,00	15962,29
9		60000,00	0,00	60000,00	13527,36
10		60000,00	0,00	60000,00	11463,87



Cálculo do Valor Presente dos Custos Investimento Operação e Manutenção					
Ano	Investimento Inicial (R\$)	Operação + Manutenção	Custo com Energia (R\$)	Total	Valor Presente (R\$)
11		60000,00	0,00	60000,00	9715,14
12		60000,00	0,00	60000,00	8233,17
13		60000,00	0,00	60000,00	6977,26
14		60000,00	0,00	60000,00	5912,94
15		60000,00	0,00	60000,00	5010,96
16		60000,00	0,00	60000,00	4246,58
17		60000,00	0,00	60000,00	3598,80
18		60000,00	0,00	60000,00	3049,83
19		60000,00	0,00	60000,00	2584,60
20		60000,00	0,00	60000,00	2190,34
					16021164,79



ANEXO



ANEXO 1 – RELAÇÃO DE DESENHOS

ANEXO 1 – RELAÇÃO DE DESENHOS

QUADRO Nº1.1: RELAÇÃO DOS DESENHOS	
DESENHO Nº	DESCRIÇÃO
I-2-JU-01/33-010	Bacia Hidráulica
I-2-JU-04/33-010	Arranjo Geral das Obras
I-2-JU-05/33-010	Perfil Longitudinal do Eixo Barrável, Tomada D'Água e Seção Transversal do Vertedouro
I-2-JU-10/33-010	Planta de Localização e Acesso das Ocorrências
I-2-JU-11/33-010	Seção Máxima e Detalhes
I-2-JU-12/33-010	Seções Tipo da Barragem
I-2-JU-27/33-010	Seção da Tomada D'Água e Detalhes