

GOVERNO DE ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL
INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO DO SUL



GUIA PRÁTICO

Inspeção e Manutenção
de Barragens de Terra



SEMADE
Secretaria de Estado de Meio Ambiente
e Desenvolvimento Econômico



GOVERNO
DO ESTADO
Mato Grosso do Sul

GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL

Reinaldo Azambuja
Governador

Jaime Elias Verruck
Secretário de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico
Diretor – Presidente do Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul

Ricardo Eboli Gonçalves Ferreira
Diretor de Licenciamento do Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul

Leonardo Sampaio Costa
Gerente de Recursos Hídricos

ORGANIZADORA

Camilla Ferreira Serratine

REVISORES

Elizabeth Arndt
Jeverson Vasconcelos Souza

FOTOS

Camilla Ferreira Serratine

CAPA

Eliane Maria Garcia

1- Introdução

A Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) foi estabelecida pela lei nº 12.334/2010, destinada a barragem de acumulação de água para quaisquer usos, com o objetivo de garantir que padrões de segurança de barragens sejam seguidos, de forma a reduzir a possibilidade de acidentes e suas consequências.

De acordo com a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), no Art. 7^º: As barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, por dano potencial associado e pelo seu volume, com base em critérios gerais estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

§ 1^º A classificação por categoria de risco em alto, médio ou baixo será feita em função das características técnicas, do estado de conservação do empreendimento e do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem.

§ 2^º A classificação por categoria de dano potencial associado à barragem em alto, médio ou baixo será feita em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem.

No estado de Mato Grosso do Sul, o agente fiscalizador é o Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul – IMASUL.

Dentre os instrumentos de monitoramento em que o órgão gestor e o proprietário possam utilizar, a inspeção regular é uma atividade relevante para a identificação de problemas no barramento, assim como o monitoramento sobre a evolução de tais inconformidades.

Sabe-se que o rompimento de uma barragem provoca danos socioeconômicos, assim como ambientais, de grande escala às localidades afetadas. Portanto, a avaliação prévia de um dano é a melhor forma de se observar a necessidade de correções na estrutura, de forma a reduzir o risco atrelado a esta.

Este guia foi elaborado para auxiliar o empreendedor a cuidar da sua barragem, criando uma rotina de inspeções, de modo a proteger as suas estruturas e tomar as providências necessárias a sua segurança. Acompanhado de uma "*FICHA PARA INSPEÇÃO REGULAR DE BARRAGEM*", anexo a este manual, o usuário vai acompanhar a evolução de trincas e outros fatores de risco.

O formulário deverá ser preenchido periodicamente, com registro fotográfico e caso observe a evolução de algum problema que possa provocar danos imediatos à estabilidade e segurança, deverá fazer imediatamente os reparos necessários.

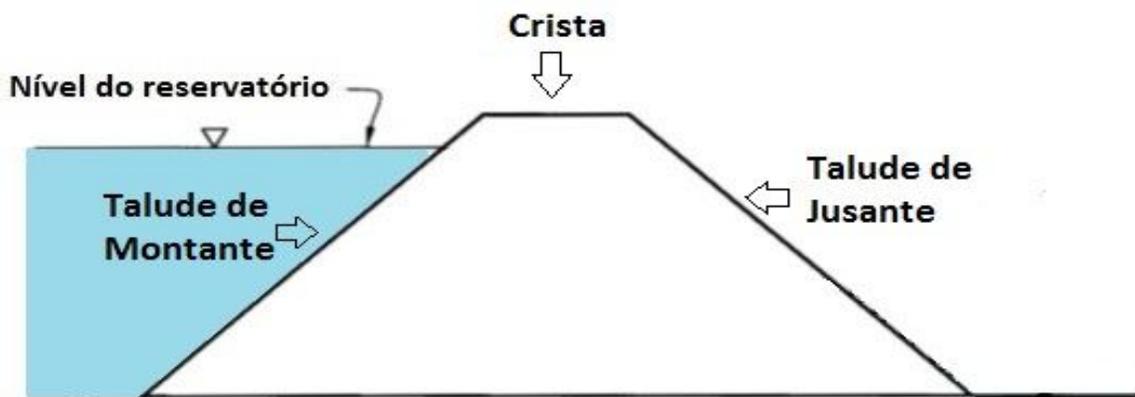
Espera-se que este Guia cumpra com o objetivo de orientação aos proprietários de barramentos sobre as práticas de manutenção e inspeção para a Segurança de Barragem.

Por tratar-se de um documento em sua primeira versão, poderá ser revisado e aperfeiçoado sempre que for necessário. Contribuições serão bem-vindas e poderão ser feitas por e-mail, imasulgrh@imasul.ms.gov.br, por carta ou pessoalmente na Gerência de Recursos Hídricos, na Rua Desembargador Leão do Carmo Neto s/nº Bloco 06 Setor 03 no Parque dos Poderes.

2- Barragens/ Barramentos

Classificam-se como barramentos ou barragens estruturas construídas transversalmente em um corpo hídrico, podendo ser de concreto ou de aterro, com mecanismos que permitem a elevação do nível do curso de água ou a formação de reservatórios de acumulação. Estes empreendimentos podem ser destinados ao lazer, piscicultura, regularização de vazões, captação de água para irrigação, consumo humano, dessedentação animal, etc.

2.1 - Definições:



Nível do Reservatório: É a altura que corresponde ao nível de água armazenado na barragem no momento.

Crista: Parte superior horizontal da barragem.

Talude de montante: Superfície inclinada do maciço em contato com a água do reservatório produzido pelo barramento.

Talude de Jusante: Superfície inclinada do maciço que não está em contato com a água do reservatório.

Vertedor/Sangradouro: Estrutura para a saída de águas em excesso que chegam ao barramento em época de chuvas intensas. Podem possuir comportas ou não para sua operação.

O vertedouro normalmente é uma estrutura de concreto, que deve funcionar sem qualquer obstrução ou erosão. Essas obstruções podem ser provocadas por troncos de árvores, vegetação acumulada no vertedor ou na tela/grelha do vertedor, entupindo a saída (folhas secas, galhos, dentre outros).

A presença desses materiais reduz ou dificulta a passagem da água pelo sangradouro, o que pode ocasionar um transbordamento (passagem da água do reservatório acima da crista). Para que a estabilidade da barragem seja mantida isso nunca deve acontecer.

Exemplos de Vertedor :



Vertedor de soleira livre

Vertedor com comporta e grelha

Vertedor com comporta

Vertedor Tulipa

3- Inspeção

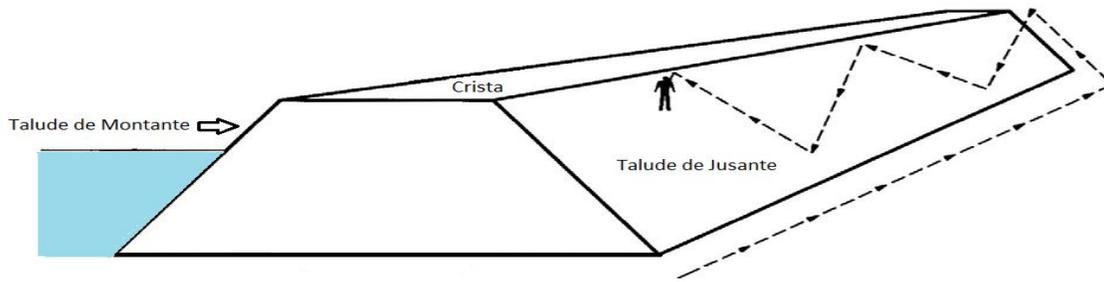
Inspeção é o ato de olhar, de medir, de verificar e detectar problemas/inconformidades que afetem a segurança do barramento ou examinar se uma estrutura está em perfeitas condições de funcionamento.

É necessário identificar as anomalias em um estágio inicial, de modo que as ações corretivas possam ser executadas a tempo de evitar a ruptura da estrutura.

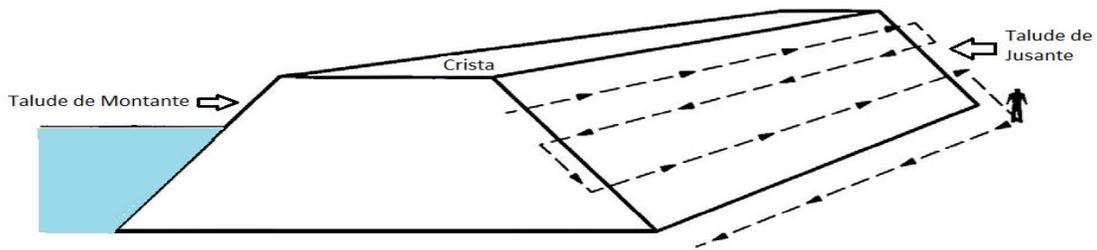
3.1- Como realizar uma inspeção na barragem?

A técnica de inspeção é percorrer por toda a superfície do talude, seja na montante, jusante e o topo da barragem, quantas vezes forem necessárias.

O percurso de inspeção no talude ou na crista deve ser realizado no padrão *zigzag* ou em paralelo, conforme desenhos demonstrativos apresentados a seguir:



Técnica Zigzag, usada normalmente para crista e taludes menores e/ou inclinação pequena



Técnica paralela, usada normalmente para crista e taludes grandes e/ou muito íngremes.

Utilizando estes procedimentos para monitoramento, é possível ter certeza que toda a superfície do barramento será verificada no que diz respeito a possíveis danos e imperfeições.

3.2 - O que deve procurar ou verificar numa inspeção?

3.2.1 Percolação/ Infiltração

Percolação é a passagem da água do reservatório através do maciço (aterro) e/ou da fundação, de modo a comprometer a integridade da estrutura.



É possível visualizar as infiltrações em lugares onde a grama (caso a grama seja a proteção do talude) esteja coloração diferente de que as demais.

Verificar se há uma corrente de água que aumenta de vazão, já que o acréscimo de vazão pode ocasionar um problema ainda maior, quando o solo do maciço ou da fundação é carregado pelo fluxo de água (força da água suficiente para levar consigo parte do aterro), deixando a água que escorre com a coloração turva. Esse evento pode ocorrer tanto no talude quanto mais abaixo do barramento.

Caso esse fato esteja ocorrendo em seu barramento, chame um engenheiro especialista em barragem com urgência.

3.2.2 Trincas e Fissuras (Rachaduras)

Fissura é a separação do material que era contínuo e agora possui uma separação pequena e a trinca a distância entre o material já aumenta em relação a fissura. A presença trincas ou fissuras pode prejudicar a estabilidade da barragem, por alterar a capacidade de resistência do material e possibilitar a entrada de água no material, aumentando efeitos de percolação.

As trincas e fissuras devem ser fotografadas e registradas a sua localização, direção, comprimento e largura, de forma que seja possível monitorar se estão aumentando, diminuindo ou permanecendo constante. As fotos podem auxiliar nas análises e verificação do andamento do problema.

Exemplos de trincas e fissuras:

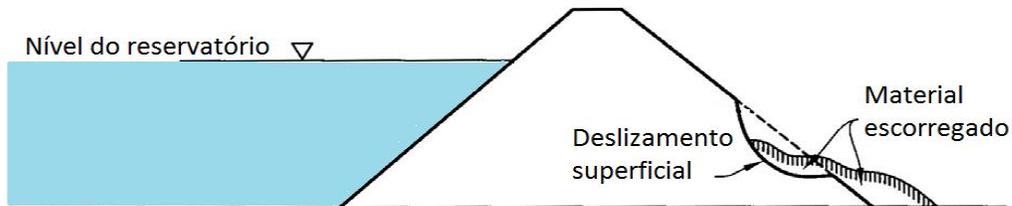


A primeira imagem representa uma fissura no meio da crista da barragem, enquanto a segunda demonstra fissura percorrida da crista ao talude de montante. Em caso de fissura observada que não se tenha equipamento de medição em mãos, pode-se colocar um objeto que se tenha próximo (na foto, a caneta) para ter noção do tamanho da fissura analisada.

3.2.3 - Deslizamento/ Desmoronamento

Define-se desmoronamento quando parte considerável do aterro que forma a estrutura se desprende e despenca, ocasionando erosão na estrutura e deslocamento de material para jusante.

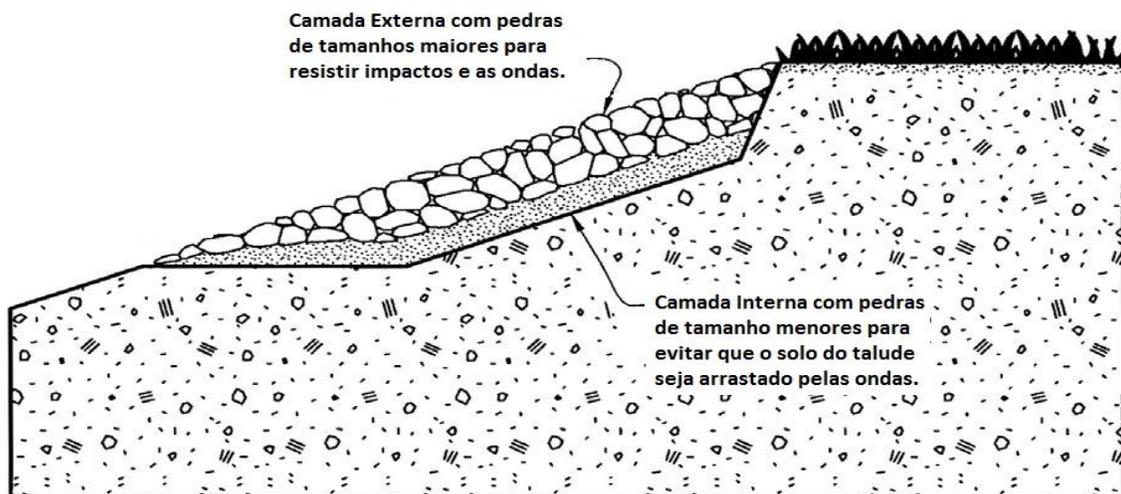
- ✚ **DICA:** Monitorar o escorregamento e baixar o nível do reservatório se a segurança da barragem estiver ameaçada. Caso o deslizamento não se estabilize, chame um engenheiro especialista em barragem com urgência.



3.2.4 - Proteção Inadequada de talude

As proteções existem para prevenir que ocorra erosão provocada pela chuva, ressecamento de solo, vento e outras situações. Essas proteções podem ser do tipo rip-rap, alvenaria de pedra ou laje de concreto, proteção vegetal ou proteção com brita, pedregulho e/ou bica corrida.

- **Rip-rap:** É uma proteção formada normalmente por duas camadas, onde a camada externa é de pedras maiores que protegem o talude, principalmente da força das ondas. Já a camada interna é formada por pedras menores, com função de evitar que a água que passa pela camada exterior carregue partículas do solo do talude.



A seguir, exemplo onde camada de Rip-rap não foi bem realizada. Observa-se o deslocamento das pedras e a erosão concentrada no local.



✚ **DICA:** Em caso de proteção inadequada, reestabelecer o talude normal. Refazer corretamente o Rip-rap. Caso continue o problema chame um engenheiro especialista de barragem.

- **Proteção Vegetal:** O plantio de alguns tipos de vegetação (usualmente grama) nos taludes pode assegurar proteção contra a erosão. Pode ser usado tanto no talude montante quanto de jusante.

✚ **DICA:** A grama deve ser mantida aparada com altura máxima de 15 centímetros, para permitir que o talude esteja protegido e ao mesmo tempo dando condições para a inspeção.

✚ **DICA:** Locais onde os ventos são muito fortes e provocam ondas de grande impacto, a proteção vegetal não é recomendada.

Em caso da grama estar infestada, deve-se retirar toda a extensão contaminada e plantar nova grama no local. Ainda, em locais onde não se realizou o plantio por completo ou existam pontos sem vegetação, é necessário relatório fotográfico para acompanhar da situação. Recomenda-se que este monitoramento seja realizado periodicamente. Ou em prazo ainda menor quando julgar necessário.



Talude com vários pontos sem proteção



Talude com boa proteção

OBS: ressalta-se que a presença de árvores não deve ocorrer nos taludes.

- **Árvores e arbustos:** Apesar de uma saudável cobertura vegetal ser vantajoso para proteção do talude, o desenvolvimento de plantas com raízes profundas, é indesejável, pois:

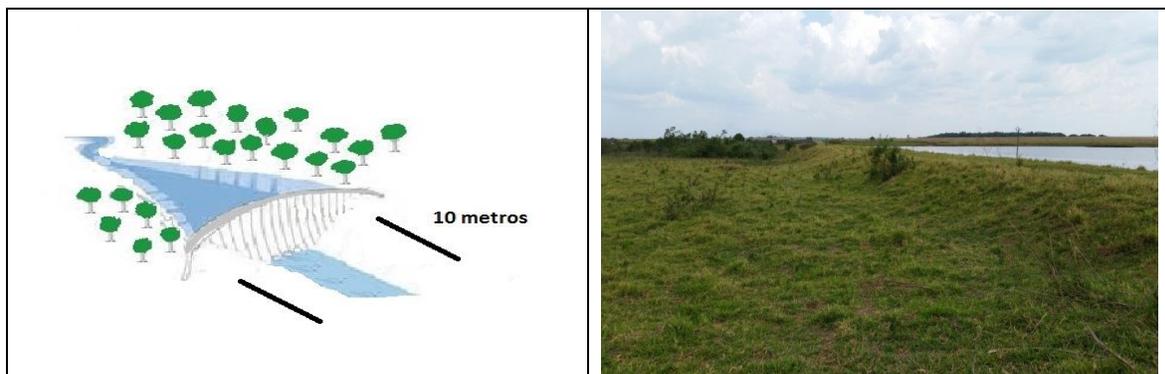
- reduz a capacidade de visualização para o levantamento e inspeção das estruturas: para observar possíveis percolações, trincas, afundamentos, etc...

- previnem-se, também, eventuais danos às estruturas devido ao crescimento das raízes, que encurtam o caminho para a percolação, vazios no maciço pela decomposição de raízes ou remoção de árvores.

- reduz-se a presença de animais por diminuir a oferta de alimentação.

DICAS:

- ✚ Retirar todas as árvores e arbustos (exceto a grama) do talude a montante, na crista, em toda a extensão do talude a jusante.
- ✚ Uma faixa de 10 metros a partir do pé do talude, também deve estar sem árvores, conforme a figura abaixo demonstra. Tomar cuidado para que todas as raízes sejam retiradas até a profundidade que seja praticável realizar escavações, para evitar o apodrecimento das mesmas.
- ✚ Após a retirada das raízes, aterrar todos os buracos, lembrando que deve ser bem compactado para evitar novos afundamentos e o material colocado não seja carregado.
- ✚ Fazer manutenções periódicas para a retirada de plantas indesejáveis.



- **Plantação de Árvores e arbustos ao longo do talude**

Muitos proprietários possuem a falsa ideia de que árvores, principalmente bambus, são elementos de proteção de taludes e acabam realizando plantio deste tipo de vegetação ao longo do talude (montante e jusante) e inclusive na crista.

Conforme já citado, deve-se evitar completamente a presença de árvores e arbustos ao longo destas regiões.

A seguir, situações onde ocorre a presença de vegetação:



Nesta imagem as árvores já estão grandes

3.2.5 – Toca de Animais

São perigosas para a segurança estrutural da barragem porque enfraquecem o maciço e podem criar caminhos preferenciais para a percolação. Dentre os animais que podem escavar o aterro, os principais são as formigas, os cupins, tatus e corujas. A maior atenção deverá ser na parte baixa do talude, onde normalmente ocorre a saída de água das tocas.

No ato de inspeção é necessário registrar por fotografia a existência de tocas, localizando e, se possível, anotando o tamanho e profundidade, com finalidade de comparar as dimensões com futuras inspeções.

Em caso de manutenção deve-se retirar o animal do local e realizar o fechamento da toca, aterrando com material adequado e bem compactado.

 **Importante:** Caso tiver saindo água de qualquer toca, entrar em contato com um engenheiro especialista em barramento imediatamente.



Exemplos de toca de tatu



Exemplo de cupinzeiro



Formigueiro

3.2.6 – Assoreamento

É o acúmulo de areia ou terra (sedimento) no reservatório, resultado do carreamento para o curso de água, decorrentes da falta de proteção do solo.



Assoreamento na barragem



Assoreamento do vertedor

Na primeira foto, exemplo de assoreamento . Na segunda imagem, há reduzida passagem de água devido ao acúmulo de material podendo causar problemas sérios caso venha uma chuva intensa.

3.2.7 – Obstrução do Vertedouro



Observa-se, nestas fotos, que um dos lados do vertedouro esteja obstruindo por presença de vegetação. Caso ocorra uma chuva muito intensa, pode ocasionar danos a estrutura da barragem.



Exemplo de grelhas com obstruções. Na primeira fileira, obstruções no vertedouro como troncos de árvores e vegetação. Na segunda fileira, observa-se presença de material "entupindo" a placa metálica.

3.2.8 – Ameaça de transbordamento

O transbordamento acontece quando a água do reservatório passa por cima do barramento. Esse risco é ainda maior se ocorrer a redução da capacidade de descarga pela presença de entulhos, mau funcionamento ou a não abertura das comportas.



3.2.9 – Buracos e afundamentos

Buracos em barragem podem demonstrar problemas mais profundos. A seguir, observam-se fotos onde existem buracos no corpo da barragem.



Os bambus, além de prejudicarem estruturalmente o talude, não permitem que o sol atinja a crista da barragem, mantendo poças de água no local onde, futuramente, a presença destas poderão formar caminho de percolação da crista ao talude de jusante, aumentando a gravidade do problema.



Bambu de ambos os lados da barragem

Afundamento da barragem

A presença de afundamentos no corpo do barramento pode indicar falhas na compactação.

- ✚ Caso seja necessário, deve-se recuperar o pavimento, no mínimo, aplicando uma camada de material que possa funcionar como revestimento (mais

utilizado o cascalho), desta forma “nivelando” a barragem. Em caso de permanência de afundamentos, mesmo com a medida acima, deve-se chamar um engenheiro especialista em Barragem.

3.2.10 – Erosões

- ✚ **DICA:** Reestabelecer projeto inicial (inclinações) da barragem, aterrando com material adequado e bem compactado.
- ✚ **IMPORTANTE:** Caso a erosão for resultante de transbordamento de água por cima da crista, um engenheiro especialista em barragem deverá ser chamado para a verificação do vertedor e a estabilidade da barragem.



Observam-se, acima, situações de erosões severas no barramento, onde a presença de vegetação não foi suficiente para conter o material de aterro.



Nesta imagem verifica-se erosão na região de contato do muro do vertedouro com o talude do barramento, onde a falta de proteção adequada pode ter agravado a situação.

3.2.11 – Defeito de Vedação (vazamento)

Observa-se esta situação em casos onde, mesmo com a comporta totalmente fechada, ainda há passagem de água de alguma forma, seja pela lateral ou pela base da estrutura, conforme as fotos abaixo:



3.2.12 – Presença de vegetação aquática extensiva

A presença de plantas aquáticas em lago de reservatórios pode provocar alterações na qualidade da água. Recomenda-se a retirada de toda a vegetação.



Reservatório com plantas aquáticas

Uma água com qualidade muito ruim pode causar a deterioração de vertedouros e concreto, pelo ataque de produtos químicos. Em caso de corrosões a qualidade da água deve ser investigada.

3.2.13 - Sinais de fuga de água e /ou área úmida

Observa-se, nas imagens a seguir, que todo local brilhoso apresenta água.



Presença de água no pé da barragem

Idem

É possível localizar faixas de grama com coloração verde mais escuro, que pode indicar presença de água no local. A pessoa responsável pela inspeção deve tirar fotos, registrando a presença de umidade e acompanhar a evolução do problema.



3.2.14 - Desmoronamento das margens

A falta de proteção das margens do reservatório, bem como a dessedentação animal direta nos lagos, pode provocar o desmoronamento das margens do reservatório.

- ✚ DICA: Neste caso, deve-se recuperar a área de proteção permanente (APP) e sempre que possível evitar o acesso dos animais ao lago.



Falta de vegetação ciliar

3.2.15 - Rachadura do concreto do muro do vertedor

Deve-se observar para situações conforme a figura a seguir, realizando relatório fotográfico para analisar a evolução da rachadura (aumento ou estabilidade do tamanho).

 DICA: Recuperação do concreto



No detalhe vemos a rachadura do concreto

4- Instruções para preenchimento da “Ficha para Inspeção Regular de Barragem”

A Ficha foi dividida em seis partes: Crista, Reservatório, Talude a Jusante, Vertedor/Sangradouro, Talude a montante e Comportas do vertedor.

Cada parte possui seus itens específicos, que devem ser avaliados utilizando a legenda existente na tabela para informar a situação do item.

Caso seja necessário escrever observação sobre algum item, deve-se utilizar o campo “Comentários” para descrever a informação que julgar necessária.

Na inspeção da barragem, devem-se registrar todos os tópicos analisados por meio de relatório fotográfico. Recomenda-se que as inspeções sejam feitas a cada dois meses, preenchendo o formulário e fazendo o registro fotográfico, entretanto, em caso de algum problema, esse intervalo pode ser reduzido para acompanhar a evolução do problema.

O relatório fotográfico não precisa ser impresso, contudo, deverá ser armazenado em local que possa ser acessado futuramente, como pen drive, cartões de memória, dentre outros. O órgão fiscalizador poderá solicitar o envio dos relatórios e do preenchimento da ficha ao empreendedor.

Em caso de itens que possam ser observados mais de uma vez, como fissuras, afundamentos, desmoronamento e erosão, além do relatório fotográfico, deve-se descrever o local onde tal item foi observado.

Na parte “Comporta do vertedor” da ficha de inspeção, caso não exista comporta no vertedor/sangradouro, deve-se preencher “*Não Existe*” em todos os itens, conforme a legenda da tabela informa. Não são todas as barragens que necessitam ter comporta em seu vertedouro, portanto, isso não é uma situação de preocupação para o empreendedor caso não o tenha.

Se o guia prático ou o agente do órgão fiscalizador sugerir chamar um engenheiro especialista em barramentos, não hesite, chame imediatamente e siga todas as orientações e ações necessárias, seu barramento pode estar em perigo.

Dúvidas na inspeção ou no preenchimento do formulário poderão ser resolvidas pelo imasulgrh@imasul.ms.gov.br ou pelos telefones: (67)3318-6141; 3318-6047.

FICHA PARA INSPEÇÃO REGULAR DE BARRAGEM			
Nome da Barragem			
Data da vistoria:			
Vistoriada por:			
Cargo:			
Assinatura:			
1- CRISTA		2-RESERVATÓRIO	
Erosões		Erosões	
Fissuras e Trincas		Assoreamento	
Afundamentos e Buracos		Desmoronamento das margens	
Árvores e Arbustos		Existência de vegetação aquática	
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais		Presença de animais e peixes mortos	
Ameaça de transbordamento da barragem		Gado Pastando	
Comentários:		Comentários:	
3-TALUDE DE JUSANTE		4- VERTEDOURO/SANGRADOURO	
Erosões		Árvore e arbustos	
Desmoronamento		Obstrução ou entulhos	
Falha na proteção (Vegetal ou Rip-Rap)		Erosões na área a jusante	
Afundamentos ou buracos		Erosão no contato com o muro do vertedor com o talude	
Árvores e Arbusto		Rachaduras no concreto do muro	
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais		Comentários:	
Sinais de fuga de água e/ou área úmidas			
Comentários:			
5- TALUDE DE MONTANTE		6- COMPORTAS DO VERTEDOR	
Erosões		Peças Fixas no muro do vertedor (corrosão, amassamento da guia e falha de pintura)	
Afundamentos e Buracos		Estrutura da comporta (corrosão, amassamento da guia e falha de pintura)	
Falha na proteção (Vegetal ou Rip-Rap)		Defeito de vedação (Vazamento)	
Árvores e Arbusto		Presença de vegetação na comporta	
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais		Defeito no içamento	
Comentários:		Comentários:	

LEGENDA:

NÃO EXISTE

AUMENTOU

DIMINUI

DESAPARECEU

PERMANECEU CONSTANTE

VISTA PELA PRIMEIRA VEZ



SEMADE
Secretaria de Estado de Meio Ambiente
e Desenvolvimento Econômico



**GOVERNO
DO ESTADO**
Mato Grosso do Sul