

BRUNO HENRIQUE BEILFUSS

**BARRAGEM DE CONTENÇÃO DE CHEIAS: INSPEÇÃO EM
SITUAÇÃO DE NORMALIDADE E ENCHENTE.**

Trabalho de Conclusão de Curso no Formato de Nota Técnica apresentado ao Curso de Especialização em Segurança de Barragens: Aspectos Técnicos e Legais; Departamento de Engenharia Ambiental- DEA Escola Politécnica; Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista.

Orientador: Prof. Msc. Josimar Alves de Oliveira

Salvador
2024

Barragem de contenção de cheias: Inspeção em situação de normalidade e enchente

Bruno Henrique Beilfuss

Resumo

A Inspeção de Barragens como Instrumento da Política Nacional de Segurança de Barragens é ferramenta fundamental para assegurar que os empreendimentos estejam sempre em condições ideais para atender aos usos a que foram projetados e ainda observara segurança da bacia a jusante. Diferente da maioria das barragens, que visam reservar o máximo de água, durante maior tempo possível, barragens de contenção de cheias, estão na maior parte do tempo vazias. Ou seja, os momentos de cheia são aqueles em que eventuais fragilidades e deficiências de planejamento, construtivas, de manutenção ou operação poderão ser identificadas através da inspeção visual com maior facilidade. Esta condição remete a necessidade de avaliar e compreender as diferentes condições de vistoria e inspeção realizadas em períodos de normalidade e de enchente. No comparativo verificamos que durante o período de enchente, as vistorias e inspeções foram mais criteriosas, registrando em maior grau anomalias que podem comprometer a segurança da barragem. Nos momentos de normalidade, foram observados aspectos mais gerais e de manutenção do empreendimento

Palavras-chave: Barragens; Contenção de Cheias; Inspeção

Abstract

Dam Inspection as an Instrument of the National Dam Safety Policy is a fundamental tool to ensure that projects are always in ideal conditions to meet the uses for which they were designed and the safety of the downstream basin is observed. Unlike most dams, which aim to reserve as much water for as long as possible, flood containment dams are empty most of the time. In other words, times of flooding are those in which possible structural, maintenance or operational weaknesses and deficiencies can be identified more easily. This condition refers to the need to evaluate and understand the different survey and inspection conditions carried out during periods of normality and flooding. In the comparison carried out, we found that during the flood period, surveys and inspections were more careful, recording anomalies to a greater extent that could compromise the safety of the dam.

Keywords: Dam; floodcontain; inspection

1 INTRODUÇÃO

Água constitui um recurso natural diretamente ligado ao desenvolvimento humano, pois além de água para abastecimento humano, dela depende a produção de alimentos, a criação de animais, a indústria, a geração de energia e todas as demais atividades que nos permitem um desenvolvimento sustentável.

Atender a todas estas demandas de água, em quantidade e qualidade suficientes, remete ao conceito de Segurança Hídrica, que além dos aspectos quali-quantitativos deve estar balizado por um nível aceitável de risco relacionado a secas e cheias (ANA, 2019).

As barragens como estruturas de engenharia têm por princípio promover o desenvolvimento, seja através do estoque e regularização de vazões para abastecimento humano, das cidades e indústrias; para armazenar água e concentrar o potencial de energia hidráulica; para promover o controle de cheias; proporcionando a navegabilidade de hidroviás, entre outras possibilidades que os barramentos permitem com o uso múltiplo das suas águas.

Construídas como elemento de quebra do equilíbrio e fluxo natural dos rios, as barragens têm na água, também seu maior inimigo, que irá atuar de várias formas na tentativa de remover o obstáculo.

Sendo uma bacia caracterizada pelas enchentes, o Vale do Itajaí, tem área total de 14.866 km², seu relevo remete a grande complexidade geológica, susceptibilidade aos processos erosivos e fragilidade ambiental. Além disso, é necessário considerar o aspecto histórico de ocupação da bacia, com a colonização estrangeira e identidade étnica da população, o desenvolvimento socioeconômico baseado na indústria têxtil e produção do território urbano, e a progressiva destruição do meio ambiente e o problema das enchentes (FRANK, SEVEGNANI e TOMASELLI, 2009).

Neste cenário a bacia conta com três barragens de contenção de cheias: Barragem Sul – Ituporanga; Barragem Oeste – Taió e Barragem Norte – José Boiteux, que representam o controle hidráulico de 1.273 km², 1.042 km² e 2.318 km² respectivamente. E ainda a indicação inicial para construção de outras 7 barragens (SANTA CATARINA, 2011)

A rotina de realização de inspeções regulares e especiais em barragens com pouca ou nenhuma instrumentação, de pequeno porte e de baixo dano potencial associado, permite manter um nível de segurança adequado (TANUS, 2018).

Observar, inspecionar e avaliar os aspectos de segurança de uma barragem de contenção de cheias nos remete a uma condição diversa da inspeção e avaliação de segurança de barragens da qual estamos familiarizados, ou seja, com reservatórios cheios. Barragens de contenção de cheias estão em grande parte do tempo vazias como grandes monumentos de engenharia a espera de um uso futuro “próxima enchente”, para a qual devem estar sempre “preparadas”.

O objetivo geral é compreender os principais aspectos de segurança de Barragens de contenção de cheias em momentos de normalidade e enchente. Neste contexto propomos os seguintes objetivos específicos: Comparar as observações e apontamentos apresentados nas vistorias e inspeções realizadas pela equipe técnica da SEMAEE em momentos de normalidade e de enchente; e registrar o aprendizado, recomendações e critérios a serem observados nas inspeções de barragens de contenção de cheias.

O presente artigo constitui requisito para obtenção do grau de Especialista e visa destacar as principais observações e avaliações realizadas pelos técnicos da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Economia Verde - SEMAEE, nas inspeções de barragens de contenção de cheias, especificamente na Barragem Oeste – Taió SC, em condições de normalidade e de enchente.

2 DESENVOLVIMENTO

Como parte das atividades relacionadas à Política Nacional de Segurança de Barragens, compete à SEMAEE, realizar a fiscalização de segurança de barragens, através de inspeções técnicas, vistorias e inspeções, que no seu conjunto, constituem uma espécie de “Auditoria” sobre os aspectos técnicos e legais de segurança das barragens.

Em outubro de 2023, Santa Catarina e mais especialmente o Vale do Itajaí, registraram recorrentes cheias, que demandaram da SEMAEE vistorias e inspeções nas barragens do Vale do Itajaí. Dada característica intrínseca das barragens de contenção de cheias, este momento oportunizou aos técnicos observar, perceber, entender e registrar as condições das barragens com reservatórios cheios.

Para permitir a comparação entre as vistorias/inspeções em período de enchente e períodos de normalidade, serão utilizadas como base as inspeções de 2022.

2.1 REVISÃO DE LITERATURA

A barragem constitui um elemento de quebra do equilíbrio, contra o qual a natureza se revolta, acionando seu principal meio de defesa: a própria água, que irá atuar de várias formas na tentativa de remover o obstáculo. O acidente é o momento em que o jogo se desequilibra. (MELLO, 2021)

A Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) foi instituída em 2010, pela Lei nº 12.334 de 2010, que regula práticas de segurança das barragens no país e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) para registrar as condições de segurança de barragens no território nacional. A preocupação com a segurança das barragens é um assunto relativamente recente, com maior atenção após os desastres de Mariana (11/2015) e Brumadinho (01/2019). Mais recentemente a PNSB foi atualizada pela Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020, que dentre outras modificações, impôs maior responsabilidades aos empreendedores das barragens e aumentou os valores das multas aplicáveis em casos de acidentes (MEDEIROS, 2022).

Apontamento de (PECK, 1984), citado por (MENESCAL, 2005), indica que provavelmente 9 entre 10 rupturas de barragens recentes ocorrem não por deficiências do “estado da arte”, mas por causa de negligências que poderiam ter sido evitadas, ou por falta de comunicação entre pessoal envolvido no projeto e na construção ou por causa de interpretações excessivamente otimistas das condições geológicas.

A inspeção de segurança das barragens visa avaliar as condições físicas das estruturas da barragem para identificar e monitorar anomalias que afetem potencialmente sua segurança, indicando com antecedência as medidas necessárias para manutenção das condições de segurança da barragem, visando minimizar o risco de falhas no seu funcionamento ou rupturas (ANA, 2016).

A SEMAE, na sua competência regulatória e de fiscalização de segurança de barragens, realiza atividades de análise documental e campanhas de fiscalização com objetivo de verificar a segurança das barragens. Com vistorias in loco, de forma complementar, verifica-se a integridade estrutural e operacional, bem como o estado geral de segurança da barragem, julgando o grau de risco atual do empreendimento (SDE, 2022).

As barragens com pouco ou sem nenhum instrumento de auscultação, tem na inspeção visual fator primordial e indispensável como dispositivo de segurança de barragens (MORAES, 2019).

Uma das fragilidades para melhor avaliação das condições de segurança dos barramentos é a baixa frequência ou inexistência de ciclos de monitoramento, o que limita a avaliação ou percepção da evolução das não conformidades, defeitos ou desgastes existentes nos diversos empreendimentos (SDE, 2022)

Reconhecida a necessidade e relevância das inspeções, recomenda-se que as inspeções de uma barragem sejam realizadas em diferentes épocas do ano e que se realizem inspeções quando o reservatório estiver em níveis diferentes e em diferentes condições de vegetação. Ou seja, em períodos chuvosos e de seca para avaliação do comportamento da estrutura nas diferentes condições (TANUS, 2018).

2.2 METODOLOGIA

O desenvolvimento do artigo está baseado nas vistorias in loco realizadas na barragem de contenção de cheias, Barragem Oeste, localizada em Taió-SC.

A Barragem Oeste foi construída em 1973 exclusivamente de concreto, com altura de 30 metros e comprimento aproximado de 367 metros. Esta barragem foi alteada em 3,50 m durante as obras de aumento da capacidade do reservatório finalizado em março/2017. Com este alteamento foi necessário fechamento nas duas ombreiras com pequena barragem de terra.

A barragem está projetada para cota de coroamento de 366,65 m, sendo que nível máximo máximo é de 365,06 m (TR=1.000 anos).

Quadro 1 – Características da Barragem Oeste. (SANTA CATARINA, 2019)

| PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM OESTE - TAIÓ | |
|--|---|
| Denominação Oficial | BARRAGEM OESTE - TAIÓ |
| Empreendedor | SECRETARIA DE ESTADO DA DEFESA CIVIL DE SC |
| LOCALIZAÇÃO | |
| Rio | ITAJAÍ DO OESTE |
| Município | TAIÓ |
| Unidade da Federação | SANTA CATARINA |
| Coordenadas | LATITUDE 27°05'52,10"S e LONGITUDE 50°02'19,80" W |
| Existência de barragens a montante e a jusante | NÃO EXISTEM BARRAGENS |
| BARRAGEM | |
| Tipo | BARRAGEM DE CONCRETO |
| Altura máxima acima da fundação | 30,00 |

| | |
|--|--|
| Cotado coroamento | 366,65 |
| Comprimento do coroamento | 367,00 |
| Largura do coroamento | 5,00 |
| Inclinação do paramento de montante | vertical |
| Inclinação do parâmento de jusante | 1(V):0,73(H) |
| Bacia Hidrográfica | |
| Área – Até Barragem Oeste | 849,36km ² |
| Precipitação média na bacia (Anual) | 1665 mm |
| Volumeanualmédioafluente(vazõesde 1984-2016-curvaregional) | 22,93m ³ /s |
| Vazões máximas (TR100 anos, próxima As cheias máximas registradas no histórico (**)) | 1101,63m ³ /s |
| Características geológicas regionais | |
| Fundação | Basalto/arenito |
| Suscetibilidade a escorregamento | Não ocorre |
| Sismicidade potencial | Não ocorre |
| Reservatório | |
| Nível mínimo operacional (NmO) | 339,00m |
| Nível máximo normal (NMN) | 362,30m |
| Nível máximo Maximorum (NMM) | 365,06m |
| Nível de máxima cheia (TR=1.000anos) | 365,06m |
| Capacidade total (NAMáx=365,06 m) | 127,34hm ³ |
| Capacidade útil | 127,34hm ³ |
| Área inundada (ha) | 997,60 |
| Tempo de esvaziamento | 163horas (só pelas comportas de fundo até El.341m) |
| Extravasor de cheias | |
| Tipo | Soleira Livre |
| Descrição da entrada | Não tem entrada |
| Descrição do canal | Leito rio |
| Comprimento | 98,00m |
| Largura (na seção constante) | 4,80m |
| Descarga deFundo | |
| Solução | 7 galerias de fundo diâmetro1,50m(vazão163m ³ /s) e 1Tomada/canal de descarga de 5,00x6,00m (vazão 180m ³ /s) |
| Tomadad'água | |
| Solução | Tomadad'água paracanal dedescarga |
| Localização | Ombreiradireita |
| Comprimento | 5,00 |
| Controleà entrada | Comporta Segmento 5,00x6,00m |
| Controleàsaída | Canalde descarga |
| Cotas das tomadas d'água à entrada | 350,40 |

| | |
|---------------------------------|--------------------|
| Fonte alternativa de energia | Não |
| Possibilidade de manobra manual | Sim |
| Comando à distância | Não, somente local |

As vistorias consideradas ocorreram em 2022 - condição de normalidade e outubro de 2023- condição de enchente.

Para permitir o comparativo entre estes dois momentos, normalidade e cheias, utilizamos as fichas de inspeção resultantes das vistorias, de forma a identificar eventuais alterações na situação das anomalias indicadas e sua situação.

Para melhor entendimento e visualização dos resultados, mantivemos o formato de ficha de inspeção, com os apontamentos de 2022 e 2023 comparados lado a lado. As anomalias estão indicadas conforme sua situação (ANA, 2016):

NA – Este item Não é Aplicável: O item examinado não é pertinente à barragem que esteja sendo inspecionada.

NE – Anomalia Não Existente: Quando não existe nenhuma anomalia em relação ao item que esteja sendo examinado.

PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez: Quando da visita à barragem, aquela anomalia for constatada pela primeira vez, não havendo indicação de sua ocorrência nas inspeções anteriores.

DS – Anomalia Desapareceu: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia verificada na inspeção anterior não mais esteja ocorrendo.

DI – Anomalia Diminuiu: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia apresente-se com menor intensidade ou dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, conforme pode ser verificado pela inspeção ou informado pela pessoa responsável pela barragem.

PC – Anomalia Permaneceu Constante: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia apresente-se com igual intensidade ou a mesma dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, conforme pode ser verificado pela inspeção ou informado pela pessoa responsável pela barragem.

AU – Anomalia Aumentou: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia apresente-se com maior intensidade, ou dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, capaz de ser percebida pela inspeção ou informada pela pessoa responsável pela barragem.

NI – Este item Não foi Inspeccionado: Quando um determinado aspecto da barragem deveria ser examinado e por motivos alheios à pessoa que esteja inspecionando a barragem, a inspeção não foi realizada.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Destacamos que observando e comparando as fichas de inspeção produzidas durante as vistorias realizadas pela SEMAE em 2022 (normalidade) (SANTA CATARINA, 2022) e

2023 (enchente), (SANA CATARINA, 2023) encontramos as seguintes estruturas e itens que apresentaram modificações:

A) INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

| ANOMALIAS | 2022 - NORMALIDADE | 2023 - ENCHENTE | OBSERVAÇÃO |
|--|--------------------|-----------------|-------------------------|
| Falta de documentação sobre a barragem | NE | NI | Não avaliado em 2023 |
| Falta de material para manutenção | NE | PV | Alteração cnf. vistoria |
| Falta de acompanhamento da Adm. Regional | NE | PV | Alteração cnf. vistoria |
| Falta de instrução dos equipamentos hidromecânicos | NE | PV | Alteração cnf. vistoria |

As principais alterações “decorrentes da vistoria” realizada em 2023, em situação de enchente decorrem 1) das limitações e dificuldades apresentadas para operação da comporta do canal extravasor: “ ex. manual e especificações de construção, abertura mínima”, da ocorrência da necessidade de pequenos reparos - curto circuito painel da talha, em função de umidade; 2) isolamento/vedação de goteiras sobre painel elétrico, e bombas de drenagem 3) falta de stop log na galeria de acesso, e outras situações que idealmente necessitam de agilidade e autonomia local para sua resolução.

Observamos ainda a necessidade de reforço das equipes de manutenção e operação nos momentos de cheias, assegurando que no caso de impedimento/ausência de algum colaborador, outros possuam condições de realizar a correta operação e monitoramento do barramento.

Registra-se ainda a necessidade de um constante acompanhamento, monitoramento e inspeção do barramento nos momentos de cheia, de maneira a identificar preventivamente qualquer modo de falha que possa ser relativizado, pois dada a tipologia do empreendimento, este indicativo de falha só voltará a “aparecer” em uma próxima cheia, em tempo e magnitudes incertas.

B) BARRAGEM

| ANOMALIAS | 2022 - NORMALIDADE | 2023 - ENCHENTE | OBSERVAÇÃO |
|--|--------------------|-----------------|-------------------------|
| PARAMENTO DE MONTANTE | | | |
| Ocorrência de fissuras no concreto | PC | NE | Alteração cnf. vistoria |
| Ferragem do concreto exposta | NE | PV | Alteração cnf. vistoria |
| Deterioração da superfície do concreto | PC | NE | Alteração cnf. vistoria |

| ANOMALIAS | 2022 - NORMALIDADE | 2023 - ENCHENTE | OBSERVAÇÃO |
|--|---------------------------|------------------------|--------------------------|
| CRISTA | | | |
| Movimentos diferenciais entre blocos | NE | NA | Alteração cnf. vistoria |
| Deterioração da superfície do concreto | PC | NE | Alteração cnf. vistoria |
| Juntas de dilatação danificadas | PC | NE | Alteração cnf. vistoria |
| Corrosão nos postes de iluminação | NA | NE | |
| Corrosão no pórtico | NA | PV | Alteração cnf. vistoria |
| PARAMENTO DE JUSANTE | | | |
| Sinais de percolação ou áreas úmidas | NE | PV | Alteração cnf. vistoria |
| Vazão nos drenos de controle | NE | NA | Drenagem deficiente |
| ESTRUTURA VERTENTE | | | |
| Deterioração da superfície do concreto | PC | PV | Alteração cnf. vistoria |
| Carreamento de material na água dos drenos | NE | NA | |
| Erosão nos muros laterais | NA | NE | Alteração cnf. vistoria |
| Deterioração da superfície do concreto dos muros | PC | NE | Alteração cnf. vistoria |
| Erosão na base dos canais (área de restituição) | NE | PV | vAlteração cnf. vistoria |
| GALERIA DE INSPEÇÃO | | | |
| Deterioração do portão de acesso | NE | PV | Alteração cnf. vistoria |
| Deterioração da instrumentação | NE | NA | Sem instrumentação |
| Drenos obstruídos | NE | NI | Alteração cnf. vistoria |
| Precariedade de acesso à galeria | NE | PV | Alteração cnf. vistoria |
| Falta de manutenção | NE | PV | Alteração cnf. vistoria |
| Sinais de percolação ou áreas úmidas | PC | PC | Alteração cnf. vistoria |
| Vazão nos drenos de controle | NE | NA | Alteração cnf. vistoria |
| Vazão elevada nos drenos de alívio | NE | NA | Alteração cnf. vistoria |
| INSTRUMENTAÇÃO | | | |
| Medidores de vazão defeituosos | NE | NA | Sem medidor |
| Outros instrumentos danificados | NE | NA | Sem instrumentos |
| Falta de instrumentação | NE | PV | Alteração cnf. vistoria |
| Falta de registro de leituras da instrumentação | NE | NA | Sem instrumentos |

No conjunto de itens que compõe a vistoria da barragem, identificamos muitos itens/anomalias que possuem classificação divergente, especialmente entre a situação Não Aplicável (NA) e não existente (NE). Apesar de conceitualmente serem situações distintas, ou

seja, o Não Aplicável (NA) deveria indicar que o item a ser avaliado não faz parte do empreendimento ou barragem observada. A título de exemplo, a Barragem Oeste não possui medidores de vazão, então o registro deveria constar como NA, e não NE. Indicação diversa ocorreu também, por exemplo, no item Muros laterais do vertedouro, indicados como NA, apesar do barramento contar com vertedouro de soleira livre e os respectivos muros/paredes laterais.

Assim apesar da diferença entre as situações de NA e NE, entendemos que em ambas as vistorias eles foram utilizados para situações que não requerem ações de reparo, manutenção ou melhoria.

Da vistoria realizada em 2023, em situação de enchente, destaca-se a identificação de percolação no paramento de jusante, Figura 1, que ocorre, muito provavelmente entre as camadas de concretagem da barragem original e da sobre-elevação. Durante a vistoria em situação de enchente, verificou-se também um processo de erosão e ruptura da proteção de jusante do vertedouro, com danos nas estruturas de drenagem e Colchão Reno mais intenso na margem esquerda.

Ainda, decorrente das altas vazões a jusante da barragem foram verificados o alagamento do abrigo do gerador de energia da barragem, e o risco de alagamento do acesso as galerias da barragem, situações que demandam uma avaliação para as situações de vazão que se aproximam da cota maximorum. Idêntica situação ocorre no acesso às galerias com risco de alagamento e acesso limitado com risco para seus operadores dada elevada cota de jusante. Estas anomalias são especialmente decorrentes das altas vazões registradas no vertedouro, com vertimento máximo 2,32 m na cota 364,62 m, em 09 de outubro de 2023, e que indicam o maior vertimento registrado na barragem. Esta situação indica que além dos reparos sobre a estrutura de contenção, é uma avaliação sobre as condições e características de escoamento do vertedouro em vazões superiores a estas e os possíveis impactos na segurança da barragem.

Na inspeção interna da galeria, Figura 2, fica evidente o impacto da percolação de água, que ocorre entre as camadas de concretagem da sobre-elevação, na drenagem da galeria, o que dificulta a inspeção, avaliação e monitoramento do funcionamento em vazões dos drenos da fundação.

Figura 1 - Percolação no paramento de jusante.



Figura 2 –Drenagem galeria deficiente – percolação concretagem alteamento x drenos fundação



C) SANGRADOURO/VERTEDOURO

| ANOMALIAS | 2022 -NORMALIDADE | 2023 - ENCHENTE | OBSERVAÇÃO |
|----------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------------|
| ESTRUTURA VERTENTE | | | |
| Descalçamento da estrutura | PC | NE | Alteração cnf. vistoria |
| RÁPIDO/BACIA AMORTECEDORA | | | |
| Erosão | NE | PV | Alteração cnf. vistoria |
| Falha no enrocamento de proteção | NE | PV | Alteração cnf. vistoria |

Durante as inspeções identificamos um processo de erosão e ruptura da proteção de jusante do vertedouro, Figura 3, com maior intensidade na margem esquerda, com danos nas estruturas de drenagem e colcha, conforme indicado no item acima. Já a condição de descasamento da estrutura do vertedouro, registradas na vistoria de 2022, não pode ser

verificada dada condição de enchente. Ponderamos ainda que dados relatos dos operadores da barragem, não se verificam situações correspondentes a anomalia indicada.

D) TOMADA D'ÁGUA

| ANOMALIAS | 2022 - NORMALIDADE | 2023 - ENCHENTE | OBSERVAÇÃO |
|--|--------------------|-----------------|-------------------------|
| COMPORTAS | | | |
| Estrutura da comporta (corrosão, amassamento, pintura) | NE | PV | Alteração cnf. vistoria |
| Defeito das vedações (vazamento) | NE | PV | Alteração cnf. vistoria |
| Deterioração da tampa de acesso ao abrigo | NE | PV | Alteração cnf. vistoria |
| Deterioração da tubulação de aeração e "by-pass" | NA | NE | Alteração cnf. vistoria |
| BOCA DE ENTRADA E "STOP-LOG" | | | |
| Assoreamento | Não indicado | NI | Não vistoriado/enchente |
| Obstrução e entulhos | Não indicado | NI | Não vistoriado/enchente |
| Ferragem exposta | Não indicado | NI | Não vistoriado/enchente |
| Deterioração na superfície do concreto | Não indicado | NI | Não vistoriado/enchente |
| Falta de grade de proteção | Não indicado | NI | Não vistoriado/enchente |
| Defeitos na grade | Não indicado | NI | Não vistoriado/enchente |
| Peças fixas (corrosão, amassamento, pintura) | Não indicado | NI | Não vistoriado/enchente |
| Estrutura do "stop-log" (idem) | Não indicado | NI | Não vistoriado/enchente |
| Defeito no acionamento do "stop-log" | Não indicado | NI | Não vistoriado/enchente |
| Defeito no ponto de içamento | Não indicado | NI | Não vistoriado/enchente |

Para a tomada d'água, durante a vistoria de 2023, em situação de enchente, observou-se a necessidade de pequenas melhorias e reparos nas comportas, decorrente de vazamentos em cilindros/juntas. Ainda reforçamos a necessidade de melhoria e solução para ausência de proteção nas entradas da galeria, (stop Log e acesso a operadores), Figura 4, poisas mesmas correm o risco de alagamento em vazões superiores as registradas em outubro de 2023, e mesmo sob esta condição, já representam risco aos operadores, dada necessidade de acesso por área alagada.

Ainda no item comportas, observou se durante as vistorias em situação de enchente, o processo de abertura da comporta do canal extravasor. Fica evidente a necessidade de melhoria no mecanismo de abertura da comporta do canal extravasor de maneira a garantir que o mesmo esteja operacional para abertura e fechamento em qualquer cota do reservatório, e que seu mecanismo de acionamento disponha da necessária redundância.

Nos aspectos que tratam da boca de entrada/stop-log, a ficha de vistoria não registrou a indicação de situações de anomalia, e no momento de vistoria seguinte, em situação de cheia a avaliação naturalmente não era possível.

Figura 3 – Erosão e rompimento de drenagem e colchão Reno - avaliar comportamento do escoamento para maximum.



Figura 4– Ausência Proteção ao acesso as galerias (Stop log) – risco alagamento



E) RESERVATÓRIO

| ANOMALIAS | 2022 - NORMALIDADE | 2023 - ENCHENTE | OBSERVAÇÃO |
|---|--------------------|-----------------|-------------------------|
| Construções em áreas de proteção | NE | NI | Não vistoriado/enchente |
| Poluição por esgoto, lixo, pesticida etc. | NE | NI | Não vistoriado/enchente |
| Índícios de má qualidade d'água | NE | NI | Não vistoriado/enchente |
| Erosões | NE | NI | Não vistoriado/enchente |
| Assoreamento | PC | NI | Não vistoriado/enchente |
| Desmoronamento das margens | NE | NI | Não vistoriado/enchente |
| Existência de vegetação aquática | NE | NI | Não vistoriado/enchente |

| | | | |
|-------------------------------------|----|----|-------------------------|
| excessiva | | | |
| Desmatamentos na área de proteção | NE | NI | Não vistoriado/enchente |
| Presença de animais e peixes mortos | PC | NI | Não vistoriado/enchente |
| Animais pastando | PC | NI | Não vistoriado/enchente |

Os aspectos que se referem ao reservatório, não foram inspecionados ou indicados na vistoria de 2023, dada condição de enchente.

F) REGIÃO A JUSANTE DA BARRAGEM

| ANOMALIAS | 2022 - NORMALIDADE | 2023 - ENCHENTE | OBSERVAÇÃO |
|--|--------------------|-----------------|-------------------------|
| Sinais de movimentos na rocha de fundação | Não indicado | NE | Alteração cnf. vistoria |
| Desintegração / Decomposição da rocha | Não indicado | NE | Alteração cnf. vistoria |
| Piping nas juntas rochosas | Não indicado | NE | Alteração cnf. vistoria |
| Construções irregulares próximas ao leito do rio | Não indicado | NE | Alteração cnf. vistoria |
| Fuga d'água | Não indicado | NE | Alteração cnf. vistoria |
| Árvores e arbustos na faixa de 10m do pé da barragem | Não indicado | NE | Alteração cnf. vistoria |
| Erosão nos encontros das ombreiras | Não indicado | NE | Alteração cnf. vistoria |
| Cavernas e buracos nas ombreiras | Não indicado | NE | Alteração cnf. vistoria |

Os aspectos de jusante da barragem não foram registrados na vistoria de 2022. Complementarmente, na vistoria de 2023, em condição de enchente não foram identificadas anomalias.

G) MEDIDOR DE VAZÃO

A Barragem Oeste, não conta com medidores de vazão. Ocorre que dada a existência de drenos de fundação e da característica da barragem de contenção de cheias (enchimentos/esvaziamentos em curto espaço de tempo), entende-se necessário o monitoramento das vazões dos drenos e eventuais vazões de percolação nos momentos de cheia, permitindo identificar antecipadamente alguma falha ou alteração estrutural que possam impactar a segurança da barragem.

Em síntese observamos que as fichas de campo das vistorias, são importantes guias, de apoio no trabalho de campo. Quando observadas a posterior, como no momento desta análise, fica evidente seu papel para melhor compreender a dinâmica de funcionamento e ou defeitos de um empreendimento.

Resultado mais relevante da realização da inspeção em dois momentos hidrológicos distintos é a possibilidade de avaliar o barramento em detalhes que normalmente estariam

ocultos ou inacessíveis. Neste contexto, a oportunidade de vistoriar e presenciar o reservatório em condições de cheias permite aos técnicos identificar e compreender como aspectos não só estruturais, mas de concepção, manutenção e operação podem impactar a segurança do barramento. Em termos quantitativos a vistoria em condição de normalidade identificou 17 aspectos que merecem atenção, na vistoria em condição de enchente foram 24.

Ponderamos que neste intervalo de tempo, o olhar e focos dos técnicos se alteraram, seja pela condição da barragem (enchente) o que remete naturalmente a um olhar mais crítico/sensível sobre ocorrências que passariam despercebidas em situação de normalidade e ainda decorrente da maior experiência e capacitação.

3. CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS.

A realização de vistorias e inspeções de segurança de barragens é fundamental para melhoria e manutenção das condições de segurança de barragens. Comparando as observações e apontamentos realizados nas fichas de vistoria de 2022 e 2023, percebemos que dada à ocorrência da cheia no momento da vistoria, a avaliação foi mais criteriosa e indicou não somente processos e anomalias decorrentes da enchente, como: erosão/rompimento das proteções de colchão Reno e percolações entre a estrutura de concreto original e do alteamento da barragem, mas permitiu observar situações, falhas e processos que podem comprometer a estrutura, sua operação ou sua funcionalidade.

Nos barramentos que tenham por finalidade principal a contenção de cheias a realização de vistoria inspeções e seu acompanhamento nos momentos de enchente é mandatório, já que eventuais falhas, fragilidades ou anomalias que impactarão o barramento, comprometerão sua segurança ou ainda que possam limitar a função original da barragem estarão visíveis apenas nestas condições.

Ambos os momentos de vistoria e inspeção possuem sua relevância: nos momentos de normalidade para identificar especialmente aspectos de deterioração da estrutura, falta de manutenção e sua dinâmica ao longo do tempo. Nos momentos de enchente para identificar e avaliar o comportamento da estrutura e sua interação com reservatório cheio, suas cargas, e o impacto real das anomalias existentes. Sobre o barramento.

Identificamos como oportuno que durante os eventos de cheias estejam presentes no barramento, além da equipe de operação e manutenção, os técnicos e equipe de engenharia e segurança do empreendedor. Esta dinâmica permitirá através de ciclos de monitoramento, a

cada cheia, a correta avaliação, percepção evolução e conhecimento das não conformidades e do funcionamento da barragem.

Necessário também que as vistorias, além de fichas de campo/inspeção, registrem através de relatórios o detalhamento das não conformidades observadas, indicando sua condição, eventuais riscos e medidas saneadoras, minimizando a perda de informação e conhecimento da dinâmica de funcionamento da barragem.

REFERÊNCIAS

ANA- Agência Nacional de Águas (Brasil). **Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem / Agência Nacional das Águas**. Brasília: ANA, 2016. Disponível em: https://www.snisb.gov.br/Entenda_Mais/volume-ii-guia-de-orientacao-e-formularios-para-inspecoes-de-seguranca-de-barragem Acesso em: 20 mar. 2024.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Brasília: ANA, 112 p. 2019. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf>. Acesso em: 01/04/2024.

BRASIL, Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a política nacional de segurança de barragens.

FRANK Beate, SEVEGNANI Lucia e TOMASELLI Carla Caroline. **Água, gente e política**. Blumenau. Agência de Água do Vale do Itajaí, 2009.

MEDEIROS, R. F. M. **Segurança das barragens do nordeste brasileiro: uma análise com base nas informações cadastradas no SNISB Medeiros**. 2022.

MELLO, Flavio Miguez de; GUIDINCINI Guido e SANDRONI Sandro Salvador. **Lições aprendidas com acidentes e incidentes em barragem e obras anexas no Brasil**. Rio de Janeiro. Comitê Brasileiro de Barragens, 2021. Disponível em : https://www.abge.org.br/downloads/livro_acidentes_incidentes_barragens.pdf Acesso em: 10 abr. 2024

MENESCAL, Rogério de Abreu. **A segurança de barragens e a gestão de recursos hídricos no Brasil**. Brasília 2005. Disponível em : <https://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/123456789/202>. Acesso em 10 abr. 2024.

MORAIS, Flávio Marcelo Azevedo de Vasconcelos. **Formatação de Ficha de Inspeção Visual para Barragens de Terra**. UFBA, Salvador, 2019
Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/38404/1/FI%20C3%A1vio%20Morais.pdf>
Acesso em: 04 abr. 2024

SANTA CATARINA. Secretaria de Desenvolvimento Econômico Sustentável do Estado de Santa Catarina. **Bacias Hidrográficas de SC**. Florianópolis SDS. 2014. Disponível em: https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/bacias_hidrograficas/bacias_hidrograficas_sc.pdf. Acesso em: 12 abr. 2024

SANTA CATARINA. **Estudo Preparatório para o projeto de Prevenção e Mitigação de Desastres na Bacia do Rio Itajaí - Relatório Final** . Florianópolis, 2011.
Disponível em : https://www.aguas.sc.gov.br/base-documental-rio-itajai/noticias-rio-itajai/item/download/174_8d461ef185bbe1dfe99c70e1507bf082. Acesso em 04 abr. 2024.

SANTA CATARINA. **Plano de Ação de Emergência - Barragem Oeste** . Florianópolis, 2019. 203 p

SANTA CATARINA. **Ficha de inspeção - Barragem Oeste** . Florianópolis, 2022

SANTA CATARINA. **Ficha de inspeção - Barragem Oeste** . Florianópolis, 2023

SANTA CATARINA. Secretaria de Desenvolvimento Econômico Sustentável do Estado de Santa Catarina. **Relatório Anual de Segurança de Barragens 2022**. Florianópolis, SDE. 2022. Disponível em: https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/Seguranca%20de%20Barragens/Relatorio_Anual_SB_SC_2022.pdf Acesso em: 12 abr. 2024

TANUS, Henrique Moraes. **Importância da Inspeção na Prevenção de Falhas em Barragens: Estudo de Caso** Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10023356.pdf>. Acesso em: 04 abr 2024.