

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/45

Critérios de Avaliações Técnicas em Vertedouros Constituídos por Elementos de Concreto

Alvaro Pereira

Engenheiro Civil, D.Sc., FGS Geotecnia, Porto Alegre, Brasil, alvaro@fgs.eng.br

Daniel da Silva Gomes

Engenheiro Civil, M.Sc., FGS Geotecnia, Porto Alegre, Brasil, daniel@fgs.eng.br

Felipe Gobbi

Engenheiro Civil, D.Sc., FGS Geotecnia, Porto Alegre, Brasil, felipe@fgs.eng.br

RESUMO: Este artigo apresenta a aplicação de um critério para a inspeção visual de vertedouros, estruturas de concreto compostas por canal vertente e muros laterais. As manifestações patológicas, resultantes da ação do tempo, desgaste pela água, abrasão, cavitação e reações álcali-agregado, são as principais patologias encontradas nestas estruturas. analisadas. O manual de segurança e inspeção de barragens do Ministério da Integração Nacional - MIN (2002) é utilizado como referência para a inspeção, indicando a necessidade de vistorias nas superfícies para detectar deterioração, erosão e/ou cavitação. Além das observações visuais, a inspeção considera a resistência estrutural por esclerômetro, verificação da carbonatação relacionada à infiltração de água nas fissuras e a avaliação da biodeteriorização do concreto. Anteriormente a inspeção propriamente dita um sobrevoo com veículo aéreo não tripulado (VANT) é realizado, segmentando a estrutura e identificando as regiões mais críticas visualmente. O artigo apresente a metodologia prática para inspeções em vertedouros de concreto armado, abrangendo recomendações do MIN (2002) e da NBR 6118 (2023).

PALAVRAS-CHAVE: Inspeção em estrutura de concreto, Vertedouro, Barragem, Segurança.

ABSTRACT: This paper introduces the application of a criterion for the visual inspection of spillways, concrete structures consisting of a spillway channel and side walls. Pathological manifestations resulting from weathering, water erosion, abrasion, cavitation, and alkali-aggregate reactions are the primary pathologies encountered in these structures. The safety and inspection manual for dams published by the Ministry of National Integration - MIN (2002) serves as a reference for inspection, highlighting the necessity of surveys on surfaces to detect deterioration, erosion, and/or cavitation. In addition to visual observations, the inspection incorporates structural resistance through sclerometry, assessment of carbonation related to water infiltration in fissures, and evaluation of concrete biodeterioration. Prior to the actual inspection, a UAV (Unmanned Aerial Vehicle) overflight precedes the inspection, segmenting the structure and identifying visually critical regions. The article presents a practical methodology for inspections in reinforced concrete spillways, encompassing recommendations from MIN (2002) and NBR 6118 (2023).

KEYWORDS: Inspection of concrete structures, Spillway, Dam, Safety.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a construção de barragens foi inicialmente proposta como uma medida de combate às grandes secas que assolavam o nordeste brasileiro, ainda no século XIX. Essas estruturas, originalmente concebidas para gerenciar os recursos hídricos visando ao abastecimento humano e à mitigação da escassez de água, ganharam ao longo do tempo diversas finalidades e tipologias. Segundo o Relatório de Segurança de Barragens (2023), as barragens nacionais incluídas no PNSB (Política Nacional de Segurança de Barragens), são em sua maioria constituídas por terra, enquanto 4% em concreto convencional, destaca-se que 28% das barragens não há conhecimento do tipo de material que é constituído o barramento.

A segurança das construções de concreto em uma barragem é definida pelos princípios estabelecidos na norma brasileira "Ações e Segurança das Estruturas" NBR 8681 (2003). Para assegurar a segurança global da

estrutura e de todos os seus elementos estruturais, é necessário verificar e atender às condições especificadas desta norma, considerando os estados limites últimos e de utilização, levando em conta as combinações das ações correspondentes aos tipos de carregamentos.

Segundo Carvalho (2008) e Stephens (2011), a construção da barragem deve obedecer a critérios básicos fundamentais de segurança, no entanto é comum encontrar estruturas de barragens construídas com a ausência de dimensionamento técnico, assim se tornando estruturas com alto risco de colapso. Portanto, a execução de um plano de monitoramento, e a aplicação de avaliações técnicas torna essencial para evitar eventos decorrentes da deterioração destas estruturas. Não é o caso da estrutura alvo deste trabalho. O barramento inspecionado teve a finalidade de retenção de água do processo de mineração, e foi projetado e construído seguindo projetos e técnicas de engenharia.

O presente trabalho consiste na avaliação/inspeção visual, através de acesso por cordas e equipamentos manuais apropriados, da estrutura de concreto que compõe o vertedouro. O escopo do trabalho envolve uma inspeção, associada a utilização de ferramentas mecânicas e químicas para uma avaliação mais assertiva. Além das inspeções visuais realizadas por toda a estrutura do vertedouro, também foram verificados pontos específicos da estrutura com a utilização de ferramentas mecânicas (esclerômetro) para estimativa da resistência à compressão simples do concreto e químicas (solução de fenolftaleína) para a verificação da carbonatação do concreto.

2 INSPEÇÃO DA ESTRUTURA DO VERTEDOURO

A execução de inspeções regulares em vertedouros é crucial para garantir a estabilidade e segurança de barragens, uma vez que esses elementos desempenham um papel fundamental na gestão eficiente do volume de água, prevenindo potenciais riscos de transbordamento e assegurando a integridade estrutural das barragens. As estruturas de concreto, como a do canal vertente e muros laterais do vertedouro, são passíveis da ocorrência de manifestações patológicas típicas, decorrentes, em sua maioria, pela combinação da idade da estrutura, da ação erosiva, do fluxo da água, por abrasão ou cavitação, e de reações álcali-agregado. Segundo Teixeira et al. (2017), estes processos são ocasionados pelo desgaste superficial do concreto, o desenvolvimento de fissuras e a ocorrência de eflorescências e possíveis processos corrosivos das armaduras.

Piasentin (2018) enfatiza que a vistoria visual de barragens é crucial para a manutenção preditiva, realizada por engenheiros com conhecimento técnico. Apesar dos avanços em sistemas automatizados de monitoramento, as inspeções in loco e a observação visual são fundamentais para garantir a segurança estrutural. Nos últimos anos, o monitoramento de barragens com sistemas avançados tem crescido em importância, mas é essencial equilibrar isso com inspeções regulares para manter a estabilidade das estruturas.

Seguindo as diretrizes do Manual de Segurança e Inspeção de Barragens (2002), do Ministério da Integração Nacional (MIN), as estruturas de concreto dos vertedouros devem estar livres de todas as instalações não-autorizadas, as quais são exemplificadas como: pranchões, e suas superfícies devem ser vistoriadas quanto à deterioração causada por desgaste pelo tempo; tensões não-usuais ou extremas; reação química alcalina ou outra; e, erosão, cavitação e/ou vandalismo.

Em relação às paredes do canal vertente, o Ministério da Integração Nacional se refere na evidência de recalque diferencial, observando no alinhamento das estruturas e o nivelamento entre as superfícies dos painéis de parede e piso do vertedouro. Ademais, todas as juntas de contração devem estar livres de vegetação e os contatos entre o aterro e a estrutura devem ser vistoriados quanto à evidência de erosão interna (piping).

Para a Agência Nacional de Águas – ANA (2020), os critérios a serem averiguados nos vertedouros durante a inspeção regular de segurança de barragem estão presentes na “Ficha para Inspeção Regular de Barragem de Concreto” – Anexo B4.

A NBR 6118 (2023), descreve a necessidade para quaisquer estruturas de concreto a existência de um manual de utilização, inspeção e manutenção, capaz de englobar garantias quanto a vida útil prevista para a estrutura. As informações supracitadas são complementares com a NBR 5674 (2024), na qual defende que as manutenções preservem o desempenho previsto em projeto ao longo do tempo, minimizando a depreciação da estrutura, sendo estas segmentadas em manutenções rotineiras, corretivas e preventivas.

Para as atividades a serem executadas em vertedouros, são priorizadas as inspeções visuais, que caracterizam na utilização de métodos não destrutivos, na avaliação sem modificar as características ou sem a retirada do material do local de avaliação, foram avaliados a resistência da estrutura a partir da análise dos dados esclerométricos seguindo o que preconiza a NBR 7584 (2012) e avaliação na carbonatação do concreto de acordo com Werle et al. (2011).

No cenário da monitorização de barragens, Quispe et al. (2018) destaca a importância da instrumentação automatizada na aquisição de dados para avaliações periódicas de integridade estrutural. Embora tais instrumentos proporcionem segurança e confiabilidade nos registros, é crucial abordar os desafios associados aos custos elevados de implantação, visando um retorno de investimento a longo prazo. Questões fundamentais relacionadas à calibração, manutenção, monitoramento em tempo real, investigação de anomalias, integração de dados e avaliação de custos e benefícios são abordadas como elementos cruciais nas inspeções regulares. A implementação eficaz dessas práticas não apenas sustenta a confiabilidade dos dados coletados, mas também contribui para a segurança e estabilidade duradouras das barragens, um aspecto crítico na gestão sustentável de infraestruturas hidráulicas.

3 CRITÉRIOS TÉCNICOS DE INSPEÇÃO

A inspeção, na estrutura de concreto que compõe o vertedouro, se concentra na avaliação e inspeção visual inicialmente realizada com imagens obtidas por VANT na qual é possível segmentar os elementos e avaliar visualmente a estrutura. Esta metodologia é uma alternativa, e considerada como uma primeira etapa para a inspeção, quanto ao difícil acesso para inspeção nestas estruturas visto que necessitam de acesso por cordas e profissionais habilitados. Posteriormente a avaliação dos registros fotográfico, foi executada uma abordagem visual, combinada com o uso de ferramentas mecânicas e químicas para uma avaliação mais criteriosa.

Os critérios a serem averiguados nos vertedouros, que consistem este documento, durante a inspeção regular de segurança de barragem, foram baseados nas informações presentes na “Ficha para inspeção regular de barragem de concreto”, da Agência Nacional de Águas (ANA) (2020).

Os elementos existentes do vertedouro foram avaliados com inspeções visuais e verificados pontos específicos da estrutural com a utilização de ferramentas mecânicas (esclerômetro) e químicas (verificação da carbonatação do concreto), estes procedimentos estão segmentados nas condições geotécnicas, estruturais do elemento conforme descritos a seguir: resistência do concreto, com estimativa da RCS através de esclerômetro; verificação quanto a espessura de carbonatação da estrutura de concreto, a qual apresenta um indicativo de eventual ataque às armaduras; e, verificação quanto a biodeteriorização do concreto em virtude de meios biológicos.

Para avaliar as condições/situação atual das estruturas expostas, foram utilizados métodos não destrutivos, que consistem em avaliar sem modificar as características ou sem a retirada do material do local de avaliação. Dentre os ensaios de controle de material, não destrutivos, destacam-se os métodos esclerométricos.

Os métodos esclerométricos seguem o que preconiza a NBR 7584, e devem ser empregados preferencialmente em circunstâncias onde haja a verificação da uniformidade da dureza superficial da estrutura de concreto (ABNT, 2012).

3.1 Condições Geotécnicas

A identificação de patologias fornece informações sobre a durabilidade do concreto, a resistência à ação da água e as possíveis consequências para a estabilidade do vertedouro. Além disso, a avaliação da aderência entre o concreto e as armaduras, juntamente com a presença de manchas, eflorescências ou outros sinais visíveis de degradação, é fundamental para determinar a necessidade de intervenções corretivas e a implementação de estratégias de manutenção preventiva. O monitoramento contínuo dessas condições no concreto do vertedouro desempenha um papel crucial na preservação da segurança e durabilidade da estrutura ao longo do tempo. Além disto, a implementação de instrumentações, possuem a capacidade de identificar anomalias, prevenindo potenciais desastres, mas também contribui para a análise de longo prazo, melhorando projetos futuros e promovendo uma gestão eficiente e sustentável dessas infraestruturas. A seguir são apresentadas as patologias recorrentes que podem contribuir na estabilidade de estrutura:

- presença de fissuras, trincas ou rachaduras, estas formações podem ser indícios de tensões, movimentos do terreno (geotécnicos) que podem afetar a integridade da estrutura, e demandar uma avaliação cuidadosa para garantir a estabilidade ao longo do tempo (Figura 1);
- deslocamento do terreno (rupturas), esta observação demanda atenção, podendo comprometer a estabilidade da estrutura, requerendo avaliações detalhadas e medidas corretivas para garantir a segurança e durabilidade de estrutura (Figura 1);
- estabilidade dos taludes adjacentes a estrutura, saturação do maciço, essencial para assegurar a integridade estrutural, prevenir desastres e promover a sustentabilidade a longo prazo das instalações hidráulicas (Figura 2);

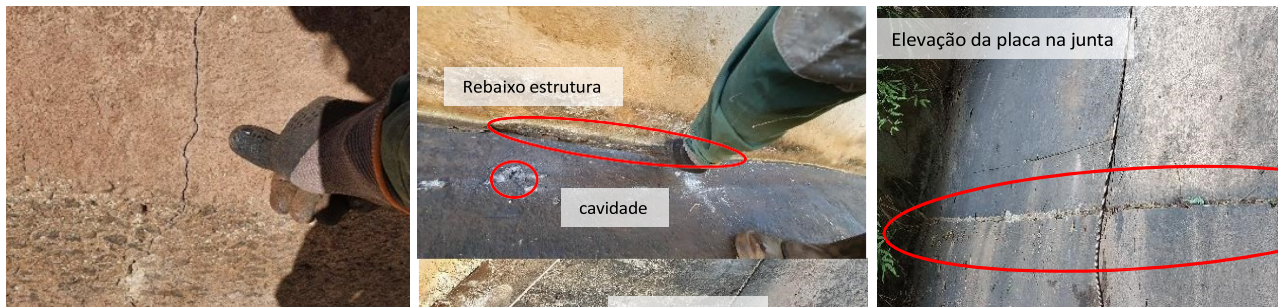


Figura 1. Verificada trinca (esquerda), rebaixamento da estrutura (central) e elevação do painel na junta de dilatação (direita).



Figura 2. Observado surgência d'água representando saturação do maciço nas paredes laterais da rampa do vertedouro.

3.2 Condições Estruturais

A avaliação das condições estruturais é essencial para determinar a integridade e estabilidade de uma estrutura, abrangendo elementos como a presença de deformações, desalinhamentos, fendas, corrosão, e outros indicadores que possam afetar a segurança e desempenho a longo prazo. Os processos patológicos que evidenciam estes comportamentos, nos elementos estruturais, podem ser destacados a partir dos seguintes itens:

- Deterioração da superfície do concreto, induzido pelo processo de desgaste gradual e resultando em potenciais impactos na durabilidade e resistência da estrutura;
- Juntas de dilatação danificadas e/ou inexistentes, comprometem a capacidade da estrutura em absorver movimentos térmicos e de expansão, representando potenciais riscos para a integridade do elemento; (Figura 3);
- Armaduras expostas, ocorrência pelo desgaste ou degradação da camada de proteção, representando uma ameaça à resistência estrutural e à durabilidade;
- Sinais de erosão ou infiltração de água, revelam a possível degradação da estrutura, sugerindo a presença de processos erosivos ou infiltração hídrica, o que pode comprometer a estabilidade e a integridade do concreto ao longo do tempo;
- Presença de vegetação (Figura 3);
- Eventos sísmicos, representam eventos de movimentação intensa do maciço, gerando forças dinâmicas significativas que podem afetar a integridade da estrutura;
- Qualidade da estrutura (concreto), a partir de ensaios com o uso de esclerômetro, permite a identificação precoce de potenciais áreas de desgaste e deterioração, evidenciada por zonas de menor resistência (Figura 4);
- Carbonatação do concreto, determina o nível de corrosão potencial das armaduras, sendo essencial

para preservar a durabilidade e integridade do vertedouro, ao identificar áreas suscetíveis a processos corrosivos (Figura 5);



Figura 3. Junta de dilatação danificada (esquerda), e observada presença de vegetação em crescimento.



Figura 4. Execução do teste esclerométrico nas estruturas do vertedouro.



Figura 5. Execução do teste de carbonatação na estrutura do vertedouro, com a utilização da solução de fenolftaleína.

3.3 Condições do Sistema de Drenagem

A avaliação das condições do sistema de drenagem tem o objetivo de verificar a eficácia na gestão de águas pluviais e prevenir problemas como inundações e erosão. Inclui a verificação de obstruções, adequação dos canais de escoamento, e presença de sedimentos. Essa análise garante o correto direcionamento da água, prevenindo danos estruturais e otimizando a sustentabilidade ambiental, estes podem ser elencados conforme os itens a seguir:

- Sistema de drenagem superficial do complexo, coletor e direcionamento de água pluviométrica, prevenindo a saturação do maciço;
- Drenos barbacãs, controladores da pressão hidrostática e evitar acúmulo excessivo de água, garantindo a estabilidade e segurança das estruturas (Figura 6);
- Bacia dissipadora de energia a jusante do canal vertente, essencial para reduzir a velocidade da água, contribuindo para a estabilidade e gestão controladora do fluxo hídrico (Figura 6), a fim de evitar também possíveis processos erosivos na região de jusante ao vertedouro;



Figura 6. Observados drenos barbacãs obstruídos e bacia dissipadora com os dentes de concreto com sinais de desgaste.

4 METODOLOGIA PARA INSPEÇÃO

A análise se baseia em uma metodologia observacional, visando estabelecer um sistema lógico de inspeção que categoriza as manifestações patológicas em grupos, levando em consideração as origens dos problemas. Apesar de possíveis ocorrências simultâneas de diferentes manifestações patológicas, buscando racionalizar a abordagem para cada condição, detalhando aspectos técnicos a serem observados durante a vistoria da estrutura. Essa abordagem sistemática visa proporcionar uma compreensão aprofundada das condições presentes, permitindo uma intervenção mais precisa e eficaz para preservar a integridade e durabilidade da infraestrutura.

Para uma descrição mais detalhada das condições observadas no vertedouro, a opção foi segmentar a estrutura, conforme apresentado pela Figura 7, delimitada pelas juntas de dilatação existentes, e conduzir a inspeção das características mencionadas utilizando *checklists*, baseados nas condições geotécnicas, estruturais e de drenagem. Essa abordagem segmentada permite uma análise mais específica e sistemática, abrangendo cada seção do vertedouro de maneira individualizada. A utilização de *checklists* facilita a identificação precisa de elementos como trincas, desgaste superficial, e outras manifestações patológicas, contribuindo para uma avaliação abrangente e eficiente da integridade estrutural da instalação.

Com base nas estruturas a serem avaliadas, é recomendado que as etapas construtivas da inspeção sejam concebidas a partir da:

- Sobrevoio com a utilização de VANT: O sobrevoio com VANT usa drones com câmeras e sensores para capturar dados da estrutura aérea. Fornece uma perspectiva abrangente para análises detalhadas da sua condição, identificando áreas de preocupação e facilitando o planejamento de inspeções adicionais. A utilização de VANT pode ser considerada como uma etapa inicial, de reconhecimento;
- Identificação dos elementos a serem inspecionados: Antes da inspeção, é crucial identificar os elementos a serem avaliados para garantir uma abordagem organizada e completa, evitando negligenciar aspectos críticos durante o processo;
- Segmentação e numeração dos painéis presentes na rampa do canal vertente: A rampa do canal vertente é dividida em painéis inspecionáveis, possibilitando a identificação precisa de áreas que necessitam de atenção.
- Identificação e numeração dos dispositivos de drenagem interna (barbacãs): Identificar e numerar dispositivos de drenagem interna, durante a inspeção é essencial para avaliar individualmente sua condição, facilitando o acompanhamento da manutenção por registros e relatórios.
- Execução de *checklists* com base nas condições geotécnicas, estruturais e sistema de drenagem: A realização de *checklists* é crucial na inspeção, guiando a avaliação das condições geotécnicas, estruturais e de drenagem da barragem.

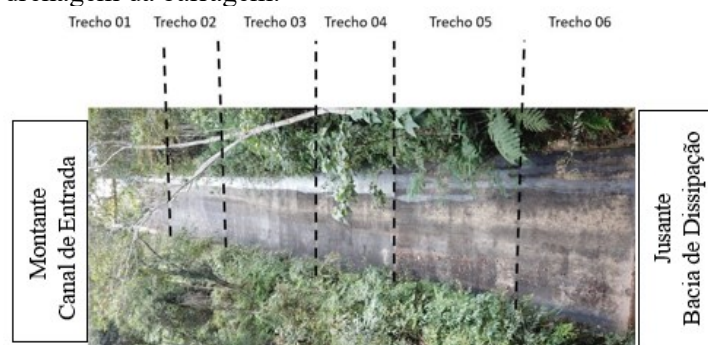


Figura 7. Segmentação dos painéis pertencentes as áreas avaliativas do vertedouro.

6 RESULTADOS

O desenvolvimento e uso de *checklists* para inspeção visual em estruturas são essenciais para identificar precocemente possíveis problemas. Essas listas oferecem uma abordagem sistemática, permitindo aos inspetores identificar de forma organizada quaisquer anomalias, incluindo aspectos como drenagem e geotecnia para garantir uma avaliação holística da integridade estrutural, contribuindo assim para a segurança e longevidade das estruturas. Um exemplo é o checklist detalhado, referente ao trecho 01, apresentado na Figura 8 e Figura 9 para o trecho 4, verificação da inspeção visual em estruturas, incluindo integridade estrutural, tais registros fotográficos foram apresentados no item das condições estruturais deste documento.

fgsgteotecnia ANÁLISE E DIAGNÓSTICO		CHECKLIST DE INSPEÇÃO DE QUALIDADE DO CONCRETO			
VERTEDOUROS		LEGENDA: NA - Não Aplicável; NE - Não Evidente; PR - Precisa de Reparação; A - Adequado; I - Inadequado			
1 GERAIS		2	ESTRUTURA VERTENTE		
1.1	Projeto	2.1	Rachaduras ou trincas no concreto		
1.2	Data	2.2	Ferragem do concreto exposta		
1.3	Trecho	2.3	Deterioração da superfície do concreto		
1.4	Foto	2.4	Descaimento da estrutura		
		2.5	Juntas de dilatação danificadas		
		2.6	Sinais de deslocamentos das estruturas		
		2.7	Rachaduras nos muros laterais		
		2.8	Erosão nos contatos dos muros		
		2.9	Sinais de percolação ou áreas úmidas		
		2.10	Deterioração da superfície do concreto dos muros		
		3 MUROS LATERAIS		3.1	Erosão na fundação
		3.2	Erosão nos contatos dos muros	3.3	Rachaduras no concreto
		3.4	Ferragem do concreto exposta	3.5	Deterioração da superfície do concreto
		OBSERVAÇÕES GERAIS			

Figura 8. Exemplo do *Check list* utilizado na Inspeção de Qualidade do Concreto (Trecho 1)

fgsgteotecnia ANÁLISE E DIAGNÓSTICO		CHECKLIST DE INSPEÇÃO DE QUALIDADE DO CONCRETO			
VERTEDOUROS		LEGENDA: NA - Não Aplicável; NE - Não Evidente; PR - Precisa de Reparação; A - Adequado; I - Inadequado			
1 GERAIS		ASPECTO VISTORIADO			
1.1	Projeto	NA	NE		
1.2	Data	PR	A		
1.3	Trecho	I	OBS		
1.4	Foto	2	ESTRUTURA VERTENTE		
		2.1	Rachaduras ou trincas no concreto		
		2.2	Ferragem do concreto exposta		
		2.3	Deterioração da superfície do concreto		
		2.4	Descaimento da estrutura		
		2.5	Juntas de dilatação danificadas		
		2.6	Sinais de deslocamentos das estruturas		
		2.7	Rachaduras nos muros laterais		
		2.8	Erosão nos contatos dos muros		
		2.9	Sinais de percolação ou áreas úmidas		
		2.10	Deterioração da superfície do concreto dos muros		
		3 MUROS LATERAIS		3.1	Erosão na fundação
		3.2	Erosão nos contatos dos muros	3.3	Rachaduras no concreto
		3.4	Ferragem do concreto exposta	3.5	Deterioração da superfície do concreto

Figura 9. Exemplo do *Check list* utilizado na Inspeção de Qualidade do Concreto (Trecho 4)

No ensaio de carbonatação, a fenolftaleína é usada para identificar o pH, diferenciando substâncias ácidas e básicas. A solução é uma mistura de álcool (95%) e fenolftaleína (100:1), onde o álcool atua como solvente. Este método qualitativo ajuda a detectar a profundidade da carbonatação do concreto. A fenolftaleína é incolor em pH menor que 9 e magenta em pH maior que 9. No ensaio, apenas no trecho 05 não houve indícios de carbonatação, enquanto nos outros trechos (5 dos 6 trechos) foi observada a possibilidade de corrosão devido à variabilidade do pH.

Para a avaliação quanto a resistência da estrutura fora utilizadas informações obtidas por acesso por corda e ensaios na estrutura. A estrutura do vertedouro foi inspecionada quanto à qualidade do concreto visual. Ensaios esclerométricos indicaram uma resistência à compressão superior a 35. O canal de aproximação também foi inspecionado e testado, revelando uma resistência média à compressão de 46,5 MPa.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo ofereceu uma análise aprofundada das manifestações patológicas frequentemente encontradas em vertedouros construídos com concreto armado, categorizando-as por origem, reconhecendo que muitas delas podem ter múltiplas fontes. As manifestações patológicas foram classificadas como de ordem geotécnica, estrutural e relacionadas ao sistema de drenagem, proporcionando uma compreensão abrangente dos potenciais desafios enfrentados por essa categoria específica de estrutura hidráulica.

Adotou-se uma abordagem abrangente que combinou informações obtidas por registros fotográficos utilizando VANT, por acesso por corda e ensaios não-destrutivos realizados em toda a extensão da estrutura do vertedouro. A estrutura vertente foi subdividida em seis segmentos, demarcados pelas juntas de dilatação

existentes, possibilitando uma inspeção detalhada de suas características por meio de um *checklist* visual de inspeção da qualidade do concreto. Além disso, ensaios esclerométricos foram conduzidos para avaliar a variabilidade da resistência do concreto. A utilização da solução de fenolftaleína permitiu a identificação da espessura de carbonatação, enriquecendo a análise ao oferecer informações sobre possíveis áreas afetadas por processos de carbonatação ao longo da estrutura do vertedouro.

Essa abordagem integrada, envolvendo múltiplos métodos de inspeção e ensaios, não apenas oferece uma visão abrangente da condição atual da estrutura, mas também fornece dados quantitativos importantes sobre a qualidade do concreto e potenciais áreas sujeitas à carbonatação. Essa combinação de técnicas permite uma avaliação mais holística da integridade da estrutura do vertedouro, contribuindo para a eficácia das decisões de manutenção e preservação a longo prazo.

Como perspectiva, sugere-se especialmente em locais onde a abertura de janelas de inspeção não comprometa a funcionalidade da estrutura, a implementação dessa prática para a verificação detalhada das armaduras, presentes nos elementos estruturais do vertedouro. A abertura de janelas de inspeção proporcionaria uma visão direta das condições das armaduras, permitindo uma avaliação mais precisa do potencial corrosivo. Importante notar que, no processo deste artigo, essa metodologia não foi empregada para confirmar a ocorrência de processos corrosivos nas armaduras.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste artigo agradecem a toda equipe da FGS Engenharia Geotécnica e Ambiental na produção e desenvolvimento de informações importantes de campo e escritório.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2023). Relatório de Segurança de Barragens 2022. Brasília.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2024). NBR 5674. Manutenção de Edificações - Requisitos para o Sistema de Gestão de Manutenção. Rio de Janeiro 32 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2023). NBR 6118. Projetos de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro. 260 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2012). NBR 7584. Concreto Endurecido – Avaliação da Dureza Superficial pelo Esclerômetro de Reflexão – Método de Ensaio. Rio de Janeiro. 10 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003). NBR 8681. Ações e Segurança nas Estruturas – Procedimentos. Rio de Janeiro. 18 p.
- Carvalho, J. A. (2008). *Dimensionamento de Pequenas Barragens para Irrigação*. Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais, 153 p.
- Costa, W. D. (2012). *Geologia de Barragens*. Oficina de Textos, São Paulo, 338 p.
- Guimarães Filho, U. (2021). *A importância da Instrumentação automatizada para a gestão de Segurança de barragens de rejeito*. CEFET. Minas Gerais. 49 p.
- Leão, M. F. (2021). *Barragens de terra e enrocamento*. Platos Soluções Educacionais S.A. São Paulo, 74 p.
- Ministério da Integração Nacional (2002). Manual de Segurança e Inspeção de Barragens. Brasília, 148 p.
- Piasentin, C. (2018). Apostila: Módulo III - Inspeção e auscultação de barragens. Centro de Treinamento de Itaipu. Paraná. Piasex Assessoria e Consultoria. 59p.
- Quispe, C.C., Fontes, M.M.M., Cardoso, J.C.M. (2018). *Instrumentação em barragens: a automatização é realmente uma necessidade?* – XIX COBRAMSEG. Bahia. Anais. ABMS. v. 4, p. 378-383.
- Stephens, T. (2011). Manual sobre pequenas barragens de terra: guia para localização, projeto e construção. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, IT, 120 p.
- Teixeira, S.H.C., de Souza Júnior, T.F., Pasqual, R.S., Luz, C.C. (2017). *Método exemplificado de inspeções de campo para avaliação de anomalias e manifestações patológicas em barragens de terra*. 2º Simpósio Paranaense de Patologia das Construções. P. 461-473.
- Werle, A.P., Kazmierczak, C.S., Kulakowski, M.P. (2011). Carbonatação em concretos com agregados reciclados de concreto. Ambiente construído: Porto Alegre. v. XXI. n.2. p. 213-228.