



I CONGRESSO PERNAMBUCANO DE RECURSOS HÍDRICOS

Água para o Desenvolvimento
Recife, 24, 25 e 26 de Março de 2026

MODELO DE RESUMO EXPANDIDO

SEGURANÇA DE BARRAGENS DE TERRA: A IMPORTÂNCIA DA INSTRUMENTAÇÃO E DO MONITORAMENTO NA GESTÃO DE RISCOS

*Gabriela Cavalcanti Concerva¹ ; Maria Cecília de Carvalho Brito Guimarães²;
Marcelo Daniel Figueiroa Lira³ & Victor Gabriel Alves de Souza⁴*

Palavras-chave: barragens de terra; segurança de barragens; instrumentação geotécnica; monitoramento; estabilidade.

INTRODUÇÃO

Barragens de terra representam um dos tipos mais utilizados de estruturas de contenção no Brasil, principalmente em empreendimentos voltados ao abastecimento hídrico, irrigação, regularização de vazões e acumulação de rejeitos. A ampla aplicação desse tipo de barragem está associada à disponibilidade de materiais naturais, à flexibilidade construtiva e ao menor custo quando comparado a outros tipos estruturais. Entretanto, apesar dessas vantagens, barragens de terra apresentam comportamento geotécnico complexo e fortemente dependente das condições de projeto, execução, operação e manutenção ao longo de sua vida útil.

De acordo com Perini (2009), essas estruturas são particularmente suscetíveis a mecanismos de falha como erosão interna (piping), galgamento do coroamento e instabilidade dos taludes, fenômenos que, em muitos casos, evoluem de forma progressiva e silenciosa. Tais processos podem permanecer imperceptíveis por longos períodos quando não há sistemas adequados de drenagem, instrumentação e monitoramento contínuo, aumentando significativamente o risco de rupturas súbitas.

Santos (2019) ressalta que a falha de uma barragem, independentemente de sua finalidade, pode acarretar consequências severas, incluindo perdas humanas, danos ambientais irreversíveis e elevados prejuízos econômicos e sociais. Esses impactos

¹) Afiliação: Instituto Federal do Sertão Pernambucano – IF Sertão-PE, Campus Serra Talhada, Rodovia PE-320, km², Serra Talhada – PE, Brasil. Telefone: (87) 98817-6596. E-mail: gabriela.cavalcanti@aluno.ifsertao-pe.edu.br.

²) Afiliação: Instituto Federal do Sertão Pernambucano – IF Sertão-PE, Campus Serra Talhada, Rodovia PE-320, km², Serra Talhada – PE, Brasil. Telefone: (87) 98172-4827. E-mail: maria.brito@aluno.ifsertao-pe.edu.br

³) Afiliação: Instituto Federal do Sertão Pernambucano – IF Sertão-PE, Campus Serra Talhada, Rodovia PE-320, km², Serra Talhada – PE, Brasil. Telefone: (87) 99970-1418. E-mail: marcelo.daniel@aluno.ifsertao-pe.edu.br

⁴) Afiliação: Instituto Federal do Sertão Pernambucano – IF Sertão-PE, Campus Serra Talhada, Rodovia PE-320, km², Serra Talhada – PE, Brasil. Telefone: (87) 99911-0011. E-mail: victor.alves@ifsertao-pe.edu.br

evidenciam a necessidade de acompanhamento sistemático das condições de segurança dessas estruturas desde a fase construtiva até a operação plena.

No Brasil, o controle e a gestão da segurança de barragens são regulamentados pela Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), instituída pela Lei nº 12.334/2010, que estabelece critérios de classificação de risco, dano potencial associado, além da obrigatoriedade de inspeções regulares, planos de segurança e sistemas de monitoramento.

Nesse contexto, a instrumentação geotécnica assume papel fundamental, constituindo um dos principais meios para avaliação do desempenho estrutural das barragens de terra e para a tomada de decisões preventivas fundamentadas em dados técnicos confiáveis.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido por meio de uma revisão bibliográfica de caráter técnico e normativo, voltada à análise dos aspectos relacionados à segurança de barragens de terra, com ênfase nos mecanismos de falha, na instrumentação geotécnica e no monitoramento dessas estruturas ao longo de sua vida útil.

A metodologia consistiu na análise crítica de conceitos técnicos consolidados, contemplando a identificação dos principais modos de ruptura, os tipos de instrumentos geotécnicos empregados no monitoramento de barragens de terra, bem como os critérios para seleção, instalação e interpretação dos dados provenientes desses instrumentos. Adicionalmente, foram consideradas diretrizes legais e normativas brasileiras referentes à segurança de barragens, com o objetivo de contextualizar o tema no âmbito da gestão pública e da responsabilidade técnica dos empreendedores.

RESULTADOS

- Mecanismos de falha em barragens de terra

Conforme apresentado por Perini (2009), os principais mecanismos de falha em barragens de terra estão associados à erosão interna, ao galgamento do coroamento e à instabilidade dos taludes. A erosão interna ocorre, geralmente, em função da percolação descontrolada da água através do maciço ou da fundação, promovendo o carreamento progressivo de partículas finas e a formação de vazios internos, o que compromete a estabilidade global da estrutura. Esse processo está fortemente relacionado ao comportamento das poropressões e ao posicionamento da linha freática no interior do maciço, sendo um dos modos de falha mais críticos em barragens de terra.

O galgamento, por sua vez, está frequentemente relacionado ao subdimensionamento dos sistemas extravasores ou à ocorrência de eventos hidrológicos extremos, podendo resultar na erosão acelerada do talude de jusante e, conseqüentemente, no colapso da barragem. Já a instabilidade dos taludes pode ser desencadeada pelo aumento excessivo das pressões neutras, recalques diferenciais ou variações bruscas no nível do reservatório, fatores que afetam diretamente o fator de segurança da estrutura e exigem análises contínuas ao longo da vida útil da barragem.

Santos (2019) destaca que muitos desses processos evoluem de maneira gradual e poderiam ser identificados em estágios iniciais por meio de instrumentação adequada e acompanhamento contínuo das leituras, reforçando o caráter preventivo da auscultação geotécnica. Nesse contexto, Dias (2017) ressalta que a análise sistemática de dados provenientes de piezômetros e outros instrumentos geotécnicos é fundamental para a identificação precoce de condições anômalas de fluxo e poropressão, permitindo a adoção

de medidas corretivas antes que os mecanismos de falha se desenvolvam de forma irreversível. De forma complementar, Zucheratto Júnior (2021) enfatiza que a instrumentação geotécnica constitui uma das principais ferramentas para a gestão de riscos em barragens de terra, ao possibilitar a correlação entre o comportamento observado em campo e os modelos teóricos de estabilidade.

- Instrumentação geotécnica e monitoramento

A instrumentação geotécnica constitui um dos pilares da segurança de barragens de terra, pois permite o acompanhamento do comportamento hidráulico e mecânico do maciço ao longo do tempo. Segundo Santos (2019), os principais objetivos da instrumentação são verificar as hipóteses adotadas em projeto, avaliar o desempenho da barragem durante as fases de construção, enchimento e operação, e identificar precocemente condições que possam comprometer a segurança da estrutura. Nesse contexto, Dias (2017) ressalta que a instrumentação assume papel fundamental na avaliação da estabilidade das barragens, uma vez que os dados obtidos em campo possibilitam a análise das condições reais de poropressão, percolação e nível freático, parâmetros diretamente relacionados aos mecanismos de falha em barragens de terra.

Entre os instrumentos mais empregados destacam-se os piezômetros, utilizados para a medição das pressões neutras no maciço e na fundação; os indicadores de nível d'água, responsáveis pelo acompanhamento do lençol freático; os marcos superficiais, que permitem o controle de deslocamentos verticais e horizontais; e os inclinômetros, fundamentais para a avaliação da estabilidade dos taludes. De acordo com Zucheratto Júnior (2021), a adequada seleção, instalação e distribuição desses instrumentos ao longo da barragem é essencial para que o monitoramento seja eficaz, permitindo a identificação de variações anômalas no comportamento estrutural e hidráulico antes que estas evoluam para situações críticas.

Perini (2009) enfatiza que a instrumentação, isoladamente, não garante a segurança da barragem, sendo imprescindível a correta interpretação dos dados e a adoção de medidas corretivas sempre que identificadas tendências anômalas. Dessa forma, o monitoramento deve ser entendido como parte integrante de um sistema de gestão de riscos, que envolve análise técnica contínua e tomada de decisão fundamentada.

- Gestão da segurança e responsabilidade técnica

A segurança de barragens de terra deve ser tratada de forma sistêmica, integrando as etapas de projeto, execução, operação, manutenção e monitoramento. A ausência ou fragilidade em qualquer uma dessas etapas compromete a confiabilidade da estrutura e eleva significativamente o risco de acidentes (PERINI, 2009).

Nesse sentido, a legislação brasileira atribui ao empreendedor a responsabilidade pela implementação dos sistemas de monitoramento, pela manutenção da segurança da barragem e pela comunicação imediata aos órgãos fiscalizadores de qualquer condição que possa comprometer a estabilidade da estrutura, conforme estabelecido pela Lei nº 12.334/2010 (BRASIL, 2010). A Figura 1.1 reforça esse papel ao representar as etapas de análise e avaliação dos riscos, que envolvem a estimativa das probabilidades de ocorrência, a gravidade das consequências e o julgamento técnico do significado dos riscos, subsidiando a tomada de decisões preventivas no âmbito da gestão da segurança.

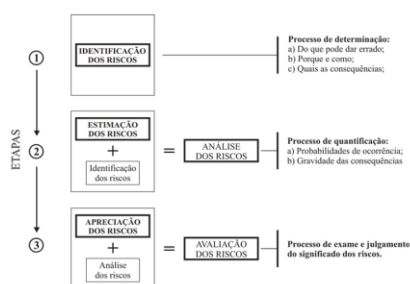


Figura 1.1: Sub-etapas do processo de avaliação de riscos.

Fonte: Perini (2009).

CONCLUSÕES

A segurança de barragens de terra está diretamente associada à adoção de práticas adequadas de instrumentação geotécnica e monitoramento contínuo ao longo de toda a vida útil dessas estruturas. Conforme destacado por Perini (2009), os principais mecanismos de falha, como erosão interna, galgamento do coroamento e instabilidade dos taludes, tendem a se desenvolver de forma progressiva, podendo permanecer imperceptíveis quando não há sistemas eficientes de auscultação e acompanhamento técnico sistemático.

A instrumentação geotécnica desempenha papel fundamental na avaliação do comportamento hidráulico e mecânico do maciço, permitindo a verificação das hipóteses adotadas em projeto e a identificação precoce de condições potencialmente críticas à estabilidade da barragem. De acordo com Santos (2019), instrumentos como piezômetros, indicadores de nível d'água, marcos superficiais e inclinômetros constituem ferramentas essenciais para o controle das pressões neutras, dos deslocamentos e das variações do nível freático ao longo das fases construtiva e operacional.

Por fim, ressalta-se que a instrumentação deve estar integrada a um sistema de gestão de riscos e à interpretação criteriosa dos dados obtidos, não sendo suficiente sua instalação isolada. Nesse contexto, o cumprimento das diretrizes estabelecidas pela Lei nº 12.334/2010 é indispensável para a manutenção da segurança das barragens de terra, atribuindo ao empreendedor a responsabilidade pelo monitoramento contínuo e pela adoção de medidas preventivas e corretivas, conforme enfatizado por Perini (2009) e Santos (2019).

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens.
- DIAS, M. V. L. Avaliação da segurança de barragens por meio da análise de instrumentação geotécnica. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, 2017.
- PERINI, D. S. Segurança de barragens de terra. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil, 2009.
- SANTOS, L. C. Estudo sobre a instrumentação de barragens de terra e rejeitos. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2019.
- ZUCHERATTO JÚNIOR, N. L. Revisão bibliográfica sobre segurança em barragens de terra por meio de instrumentação geotécnica. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto, 2021.