XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.1/37

Diretrizes para barragens urbanas: lições aprendidas com a ruptura da barragem da Lagoa do Nado/MG

Daniel de Abreu Henriques
Analista de Projetos, Tractebel Engie, Belo Horizonte, Brasil, danielabreuh@gmail.com

Lúcio Flávio de Souza Villar
Professor, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, lvillar@etg.ufmg.br

RESUMO: Barragens de terra homogênea são o tipo mais antigo de barramento, sendo muito comuns no território brasileiro e possuem diversos usos, desde amortecimento de cheias até contenção de sedimentos e armazenamento de rejeitos. Apesar da legislação brasileira abordar com rigorosidade e eficiência as barragens dedicadas à mineração, existe uma lacuna quanto à normatização de barragens em grandes centros urbanos. A barragem da Lagoa do Nado, construída na década de 1940 e localizada em um parque da cidade de Belo Horizonte/MG, rompeu diante de um evento chuvoso extremo e de um galgamento. Mesmo com uma elevada população a jusante, a estrutura passou por poucas modificações e modernização técnica ao longo das décadas de sua existência. Este estudo analisou a configuração estrutural, os aspectos construtivos e as condições técnicas da barragem em seu estado pré e pós rompimento, verificando pontos relevantes sobre a estrutura que estavam em desacordo com as boas práticas da engenharia contemporânea. Buscou-se, então, estabelecer diretrizes que guiem a elaboração e a implantação de novas barragens, além da manutenção de estruturas existentes em meios urbanos, a partir das lições aprendidas com o estudo de caso. As recomendações foram desenvolvidas em alguns eixos técnicos: investigações, critérios de projeto, aspectos construtivos, instrumentação, operação e políticas públicas. Dessa forma, seguindo o princípio do *As Low as Reasonably Possible* (ALARP), foram levantados pontos relevantes para a otimização de segurança de barragens, ao balancear a redução de riscos e os custos associados, englobando desde a etapa de planejamento e design até a execução e a manutenção dessas estruturas.

PALAVRAS-CHAVE: Barragem de terra, Diretrizes, Lagoa do Nado, Ruptura, Galgamento.

ABSTRACT: Homogeneous earth dams are the oldest type of embankment, being very common throughout Brazilian territory and serving multiple purposes, from flood attenuation to sediment retention and tailings storage. Although Brazilian legislation addresses mining dams with rigor and effectiveness, there is a regulatory gap concerning the standardization of dams located in large urban centers. The Lagoa do Nado dam, built in the 1940s and located within a public park in the city of Belo Horizonte, Minas Gerais, failed in an extreme rainfall event and overtopping. Despite the high downstream population at risk, the structure underwent few modifications and limited technical modernization over the decades of its existence. This study analyzed the structural configuration, construction aspects, and technical conditions of the dam in its pre- and post-failure states, identifying relevant deficiencies that were not aligned with contemporary engineering best practices. Based on the lessons learned from this case study, guidelines were established to support the design and implementation of new dams, as well as the maintenance of existing structures in urban environments. The recommendations were developed along several technical axes, including site investigations, design criteria, construction aspects, instrumentation, operation, and public policies. Thus, following the As Low as Reasonably Practicable (ALARP) principle, key aspects for optimizing dam safety were identified by balancing risk reduction and associated costs, encompassing all stages from planning and design to construction and maintenance of these structures.

KEYWORDS: Earth dam, Guidelines, Lagoa do Nado, Failure, Overtopping.

1 INTRODUÇÃO

As barragens são estruturas que tem sido construídas desde a Antiguidade, que, se bem projetadas e executadas, podem ter uma extensa vida útil. Entretanto, falhas de concepção ou de implantação podem levar a acidentes e desastres, sendo galgamento um dos tipos mais comuns. Usualmente, a experiência e o bom senso são governantes para o projeto de uma barragem, aliado ao controle de qualidade da construção e no acompanhamento qualificado (SANDRONI & GUIDICINI, 2021).

A Lagoa do Nado era um corpo d'água artificial, formado pelo represamento da cabeceira do Córrego do Nado, na região norte de Belo Horizonte, Minas Gerais. Esse reservatório possuía objetivo de amortecimento das cheias afluentes, além de compor o paisagismo do Parque Municipal no qual estava situado. A barragem de terra homogênea, com altura máxima de nove metros, foi implantada em meados da década de 1940, na antiga Fazenda Engenho Córrego do Nado, entretanto, o ano específico e detalhes de sua construção são desconhecidos, visto que não há registros da época (ENEMAX 2022).

Essa barragem, situada em uma região amplamente urbanizada e povoada da capital mineira, rompeu no final de 2024. Esse não é o primeiro rompimento em Belo Horizonte, que teve sua principal barragem e cartão postal, da Lagoa da Pampulha, falhando por *piping* em 1954 (SANDRONI & GUIDICINI, 2021). No contexto de barragens urbanas, é evidente que existem diversos riscos, desde a construção até a operação, em relação a danos econômicos, sociais e ambientais. Nota-se que isso está relacionado com as incertezas do desenvolvimento dessas estruturas, seja pelos métodos de cálculo, nos parâmetros físicos e de resistência dos solos, pela mudança nos padrões de precipitação, nas condições de uso e ocupação do solo em uma bacia, entre outros.

O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise aprofundada sobre os principais problemas encontrados na barragem da Lagoa do Nado, considerando aspectos desde a sua construção até a sua operação e falha. Considerando documentos e registros públicos oficiais, a partir das lições e as experiências obtidas com a ruptura da barragem da Lagoa do Nado, além de seus aspectos construtivos e sua operação, foram definidas etapas importantes para estruturas similares. Visou-se a definir diretrizes e recomendações relevantes para barragens existentes em contexto similar, em meio urbano, que guiem a elaboração de novos projetos ou a manutenção de barramentos em envelhecimento.

2 RUPTURA DA BARRAGEM DA LAGOA DO NADO

A barragem da Lagoa do Nado passou por um galgamento de sua crista no dia 13 de novembro de 2024, por volta das 16 horas, diante de um intenso evento chuvoso, que levou à abertura de uma brecha e esvaziou o reservatório em menos de uma hora. Foram 74,4 mm de precipitação durante 110 minutos, que foi o pulso mais relevante que levou à falha do vertedouro (PBH, 2024). Foi realizada visita ao local, em fevereiro de 2025, alguns meses após a ruptura. A Figura 1a apresenta o canal provisório de gabião que estava sendo construído, visando a evitar erosão progressiva do maciço remanescente, além do reservatório vazio. A Figura 1b apresenta outra vista desse canal, demonstrando o aterro com destaque para o talude de montante. A Figura 1c apresenta uma fotografia do talude de jusante, além da seção transversal do maciço.

O vertedouro já havia sido apontado como subdimensionado pelo Plano de Segurança da Barragem (PSB), conforme ENEMAX (2022). Em 2022, foi feito uma readequação dessa estrutura, que permitiu o rebaixamento da soleira e a utilização de *stop logs* para o controle do nível d'água, que eram tábuas de madeira instaladas manualmente no emboque do vertedouro. Na data da ruptura, três *stop logs* foram encontrados indevidamente implantados, sem o registro formal ou conhecimento dessa operação pela prefeitura (PBH, 2024). Essa estrutura e o seu emboque estão apresentados na Figura 1d.

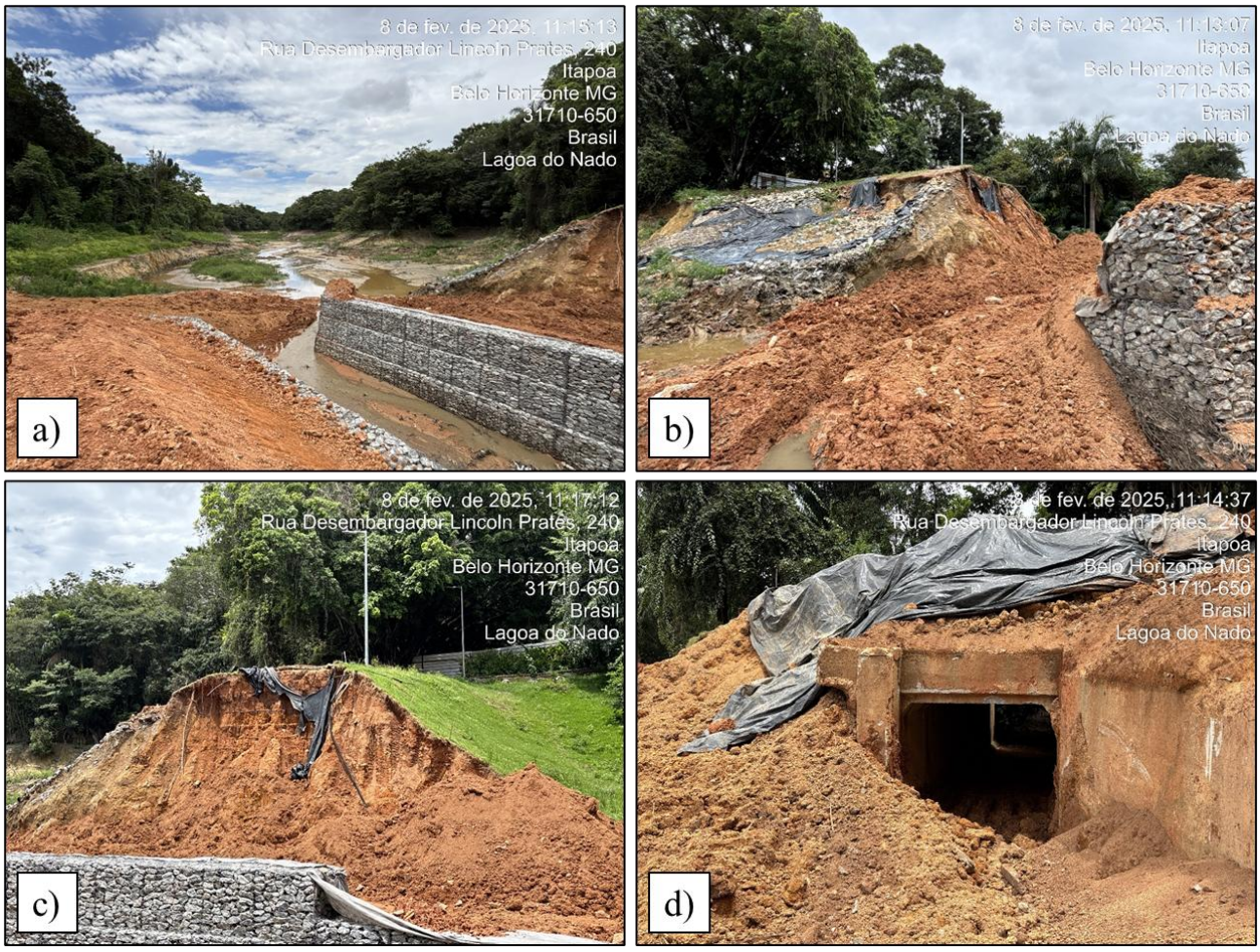


Figura 1. Registros de campo da barragem após o rompimento: a) fotografia do canal provisório de gabião e reservatório esvaziado; b) registro da brecha e talude de montante remanescente; c) seção transversal do maciço, talude de jusante e brecha; d) vertedouro opereacional da barragem e emboque, onde se implantavam os *stop logs*.

3 DIRETRIZES PARA BARRAGENS EM MEIO URBANO

Ferradosa (2024) define risco como o efeito da incerteza em um determinado objetivo. Risco é, essencialmente, a probabilidade de ocorrência de um evento danoso, combinado com a vulnerabilidade em um determinado contexto. Assim, o gerenciamento de riscos deve ser integrado ao planejamento, diferenciando riscos aceitáveis, toleráveis e inaceitáveis. As diretrizes elaboradas seguem o princípio do *As Low As Reasonably Practicable* (ALARP), que diz que um risco só é tolerável se sua redução é impraticável ou se os custos de redução não são comparáveis à redução gerada (FERRADOSA, 2024).

3.1 Investigações em campo e em laboratório

A partir de dados apresentados por PRODABEL (2025), ENGESOLO (2019), ENEMAX (2022) e PROJETA (2019), foram conduzidos apenas *Standard Penetration Tests* (SPT) na região da barragem da Lagoa do Nado. Na região de maior interesse – no barramento – apenas seis SPT's foram realizados.

Conforme apontado pelo PSB (ENEMAX, 2022), o maciço possuía baixa resistência à penetração nos SPT's, além de um solo mole aluvionar na fundação do barramento. Para o PSB, apenas um ensaio triaxial foi utilizado, correspondente ao material do maciço, além de ensaios de caracterização física. Nenhum ensaio

laboratorial foi conduzido para o solo aluvionar mole da fundação, que foi caracterizado no PSB por correlações empíricas e da literatura.

No caso da barragem da Lagoa do Nado, a execução de ensaios do tipo CPTU teria sido importante para avaliar o comportamento do solo mole de fundação, especialmente o entendimento da geração de poropressão. Além da investigação supracitada, deve ser realizada uma campanha adequada de sondagens SPT, distribuídas espacialmente de acordo com o contexto da obra, garantindo o devido conhecimento da estratigrafia local, especialmente dada a falta de registros da barragem da Lagoa do Nado.

Para os estudos de contribuição de vazões da bacia da barragem, seria interessante a obtenção das vazões de base dos córregos afluentes ao reservatório. Além disso, o cadastramento dos canais, tubulações e galerias de drenagem contribuiria para o melhor entendimento dos caminhos preferenciais e do traçado do tempo de concentração. Nesse sentido, também é válido um estudo quantitativo sobre a geração de sedimentos, que possa prever taxas de assoreamento do reservatório. Todas essas atividades supracitadas não foram conduzidas para a Lagoa do Nado, e permitiriam avaliações mais precisas do cenário global de operação, trazendo maior segurança para a barragem.

3.2 Critérios de projeto

Na etapa de projeto, deve-se definir as premissas e os critérios a serem adotados para a concepção da barragem, sendo a eficiência de drenagem do aterro é um ponto crítico no dimensionamento. Conforme o PSB da estrutura (ENEMAX, 2022) e de acordo com a visita pós-ruptura realizada ao *site*, que permitiu a visualização da seção transversal do maciço, verificou-se a inexistência de um sistema de drenagem interna, seja por drenos chaminés, drenos de pé, poços de alívio, tapetes drenantes ou impermeáveis. Também não haviam dispositivos que impedissem o fluxo contínuo abaixo da estrutura. Isso é um risco admitido ainda em projeto, em que a livre percolação pelo maciço contribui, não apenas para a erosão interna – piping – mas também para a redução dos fatores de segurança.

Na Lagoa do Nado, ocorria uma tendência de carreamento de sedimentos, com o consequente assoreamento do reservatório. Isso foi apontado por Henriques e Villar (2025a), que identificaram pontos críticos de potencial geração de sedimentos na sub-bacia de contribuição de vazões da barragem. Assim, o controle da sedimentação, seja passivo ou ativo, deve ser especificado em projeto. Conforme Henriques e Villar (2025a), a conservação do solo e da vegetação ao longo da bacia é essencial, sendo um desafio em barragens urbanas, mas pode ser interessante a implantação de estruturas de retenção nos caminhos d'água antes da chegada ao reservatório, como barreiras SABO. Ademais, a técnica de controle na fonte, essencial para a retenção distribuída da água das chuvas ao longo da bacia de contribuição, também é interessante para a conteção de sedimentos, de forma a reduzir o assoreamento.

Os estudos hidrológicos guiam o dimensionamento do vertedouro a ser implantado, de forma a evitar a ocorrência de galgamento. Foi apontado por Henriques e Villar (2025b), o elevado grau de subdimensionamento dessa estrutura, que foi incapaz de verter a precipitação da data da ruptura, mesmo com um cenário hipotético sem *stop logs*, com um tempo de retorno de apenas 10 a 20 anos. Esse subdimensionamento já tinha sido verificado antes da ruptura, pelo PSB (ENEMAX, 2022), que classificou a estrutura com dano potencial alto, que, pela NBR 13.028 (ABNT, 2024), requer um tempo de retorno de 10.000 anos para dimensionamento.

As complicações derivadas da utilização de *stop logs* manuais são evidentes. Vertedouros hidromecânicos devem ser priorizados, com o controle de suas comportas feito de forma eletrônica. Isso poderia ter evitado a instalação indevida dos *stop logs* no evento de ruptura estudado. Deve-se ter um registro oficial de quaisquer operações realizadas nesses equipamentos, de forma a garantir uma rastreabilidade das ações. Vale ressaltar que a utilização de vertedouros auxiliares também é interessante, visando a garantir maior segurança para o projeto e em casos de eventos extremos.

Em relação à estrutura, deve-se garantir, em projeto, a qualidade da área de empréstimo do material, visando a obter homogeneidade e boas propriedades físicas e mecânicas do solo do aterro. Nesse sentido, o sequenciamento geométrico-construtivo deve ser feito de forma a garantir a estabilidade ao longo da construção, atentando-se à inclinação adequada para os taludes de montante e de jusante.

A barragem deve ser assentada em material competente de fundação, que não é o caso da barragem da Lagoa do Nado. O solo aluvionar de fundação é um condicionante importante para a estabilidade dos taludes

e para a capacidade de suporte do barramento, em que possuía baixa resistência ao amostrador do SPT, como apontado anteriormente. Caso exista solo mole ou de resistência inadequada, deve ser priorizada a sua remoção ou, no mínimo, um tratamento efetivo e extenso, por técnicas consolidadas.

Vale ressaltar que o projeto de drenagem da barragem deve incluir, ademais, a proteção contra a livre percolação na fundação, que também foi um problema na estrutura em estudo. A utilização de cortinas e paredes de concreto pode contribuir para reduzir o fluxo de água no local.

É evidente que falhas de projeto da barragem da Lagoa do Nado foram determinantes para a sua ruptura, que devem ser evitadas em novos projetos. Além disso, a rastreabilidade dos documentos, especialmente estudos técnicos de projeto, deve ser prioridade. Isso contrasta com o que é explicitado no PSB (ENEMAX, 2022), que indica que a barragem, construída na década de 1940, não possui dados, registros e projetos da época de sua construção, que revela um desconhecimento preocupante sobre as condições originais de *design*.

3.3 Aspectos construtivos

É relevante mencionar a compactação do maciço, durante a construção. Como visto na Figura 3c, a partir de verificação *in situ* da seção transversal do aterro, notou-se linhas horizontais bem evidenciadas da sua compactação. Complementarmente, como apontado nas sondagens a percussão, o maciço apresentava baixa resistência ao amostrador.

A compactação adequada do aterro garante maior rigidez da estrutura, melhor resistência e maior controle da drenagem interna. Deve-se seguir a umidade ótima e o peso específico seco máximo do material, conforme ensaios de compactação. As camadas não devem ser espessas, de forma a garantir uma homogeneização adequada da energia de compactação ao longo da profundidade. Para avaliações mais aprofundadas, a implantação do aterro com base na Linha dos Estados Críticos (LEC) também é interessante, o que garantiria um comportamento dilatante do material.

Foi verificado, em campo, que a seção transversal do maciço apresentava cor variegada, distinguindo dois materiais: um de coloração cinza amarronzada, concentrado no talude de montante, e outro avermelhado, constituindo o centro e o talude de jusante do maciço, conforme Figura 2 e 3. De início, isso não necessariamente é um problema para uma barragem de terra homogênea, mas levanta o questionamento se apenas uma área de empréstimo foi utilizada para a construção. Isso é especialmente importante ao considerar que apenas um ensaio triaxial foi realizado para o PSB (ENEMAX, 2022), que teve sua amostrada coletada do talude de jusante, ou seja, apenas um dos materiais observados. Considerando a falta de critério e controle de qualidade em outros aspectos construtivos e de *design* da barragem, é plausível levantar que outras partes do maciço – principalmente o talude de montante – podiam apresentar resistência ao cisalhamento distinta. Isso poderia, possivelmente, resultar em sub ou superestimativas da estabilidade da estrutura.

Assim, como ponto chave para os aspectos construtivos, ressalta-se a necessidade de controle tecnológico dos materiais utilizados. Com isso, deve ser garantido o acompanhamento técnico contínuo da obra por empresa terceirizada imparcial e por parte do poder público, como fiscalização.

3.4 Instrumentação e auscultação

O monitoramento de uma barragem é parte essencial para verificação de sua performance, frente às solicitações. De acordo com o último relatório de inspeção pré-ruptura, em BSG (2024), apenas três marcos superficiais estavam instalados no barramento. Isso resulta em um plano de instrumentação muito deficiente em relação ao necessário, visto que apenas deslocamentos superficiais eram monitorados. Além disso, BSG (2024) aponta que os marcos não eram precisos.

Assim, não haviam observações *in situ* quanto a: posição do nível freático e piezometria – ambos especialmente importantes em uma estrutura sem drenagem interna -, deformações internas do maciço, vazões afluente e defluente, entre outras possíveis medições. Em especial, seria interessante a instalação de piezômetros para monitorar o comportamento das poropressões no solo aluvionar mole de fundação ou mesmo no próprio maciço, além de indicadores de nível de água que aferissem a posição do nível freático. Conjuntamente, o uso de inclinômetros complementaria as informações dos marcos superficiais, indicando se

o maciço passava por deformações internas. Outros, como medidor de vazão no vertedouro ou régua limnimétrica, trariam mais precisão para a operação da barragem.

Um conjunto mais robusto de auscultação permitiria uma análise mais aprofundada e precisa dos comportamentos mecânicos da estrutura. É interessante, para projetos de novas ou existentes barragens em meio urbano, que a aquisição de leituras seja feita de forma automatizada. De acordo com Silveira (2006), isso evita a obtenção de erros observacionais de leitura, especialmente quando ocorrem observações de leituristas diferentes, e permite uma frequência maior de observações. Complementarmente, sistemas automatizados permitem uma avaliação quase em tempo real do risco da estrutura, que poderia ser verificada a partir de cartas de risco e desempenho, tanto de poropressão e nível d'água quanto de deslocamentos, e permitiriam um tempo adicional para alertas e evacuações ou para obras de readequação.

3.5 Operação e manutenção

Para barragens em meio urbano, deve ser responsabilidade do empreendedor – no caso, o poder público – e da empresa projetista, a realização de um manual que descreva as regras operacionais. A partir disso, a barragem deve contar com uma equipe técnica operacional, devidamente treinada, visando a garantir o devido funcionamento das suas estruturas, como o vertedouro, e a acompanhar a operação cotidiana. Isso é relevante, ademais, para ações de controle do assoreamento, como a remoção mecânica de sedimentos.

É evidente que, mesmo que um vertedouro desobstruído não fosse suficiente para evitar o galgamento – como apontado por Henriques e Villar (2025b) -, a colocação indevida dos *stop logs* é um grave erro operacional. Devem ser feitos treinamentos periódicos para a equipe técnica local, visando a garantir a eficiência da operação do local.

Apesar das barragens urbanas serem usualmente menores que as estruturas da mineração ou mesmo da geração hidroelétrica, o impacto à vida humana é relevante. No caso da barragem da Lagoa do Nado, apesar da mancha de ruptura não ter causado perda de vidas ou danos econômicos severos, como apontado por PBH (2024), tem-se áreas de grande densidade populacional a jusante, além de comércios e vias de intenso tráfego. De toda forma, conforme demonstrado por Henriques e Villar (2025c), o fluxo da ruptura foi suficiente para causar grandes danos ambientais no próprio parque.

Assim, treinamentos e simulações hipotéticas de ruptura, englobando a equipe técnica local, a Defesa Civil, o poder público e a população impactada, podem ser realizados. Isso é essencial para garantir a segurança das partes envolvidas e um cumprimento efetivo do Plano de Ação de Emergência, em caso de um rompimento.

De forma complementar, a manutenção das barragens é ponto chave para garantir uma operação de qualidade. Especialmente para barragens em envelhecimento ou que tiveram problemas de concepção e de construção, como no caso da Lagoa do Nado, devem ser tomadas ações corretivas que modernizem a operação da estrutura. No caso em estudo, por exemplo, o vertedouro deveria ter sido redimensionado, de forma a verter tempos de retorno maiores.

3.6 Políticas públicas

As barragens urbanas, como no caso da Lagoa do Nado, estão intrinsecamente associadas às suas bacias de contribuição. As políticas públicas nem sempre são associadas à operação de barragens, mas podem ter um impacto direto, sendo esse estudo de caso uma evidência da fragilidade na manutenção dessas estruturas. Nota-se, com o presente estudo de caso, pontos importantes relacionados às políticas públicas, como a fiscalização deficitária pelo poder público e a falta de investimentos necessários em manutenção. Outro fator relevante é a gestão integrada entre diversas políticas públicas em um município. Assim, a gestão de barragens deve fazer parte do planejamento urbano como um todo, inserido no Plano Diretor de Drenagem.

A barragem da Lagoa do Nado é da década de 1940, com origem em uma fazenda. Lopes *et al.* (2003) indica que a população local aumentou na década de 1950, com a construção do Aeroporto da Pampulha na década de 1960, além da ampliação da malha viária local. Na década de 1970, poucas áreas desocupadas restavam, em que houve um grande adensamento na década de 1990 e redução de áreas verdes. Assim, a bacia de contribuição passou por uma intensa urbanização e impermeabilização ao longo das décadas posteriores à construção do barramento, mudando as condições relacionadas às suas vazões afluentes.

Apesar da política de gestão de águas urbanas, em PBH (2022), já abordar o controle do uso e ocupação do solo como uma medida não estrutural de controle de risco de inundações, nota-se que não é feita sua conexão com a operação das barragens da cidade, apenas indicadas como bacias de detenção existentes. Dessa forma, a integração entre o planejamento urbano – Plano Diretor – e a gestão da barragem da Lagoa do Nado teria sido essencial para garantir uma melhor operação do reservatório.

Logo, além dos critérios estabelecidos em projeto e na operação, é indispensável que haja controle das condições existentes da bacia. No quesito de drenagem, é interessante o investimento em alternativas de controle na fonte. Apesar da relevância do Plano Diretor de Drenagem e das políticas de gestão, além das medidas estruturais e não estruturais propostas em PBH (2022), nota-se uma falha em implantação concreta dessas medidas.

Em termos de abrangência nacional, é interessante mencionar que poucas normativas e diretrizes são especificamente direcionadas às barragens em meio urbano. Já citada anteriormente, a NBR 13.028 (ABNT, 2024) trata sobre barragens de mineração. Apesar de ser amplamente e coerentemente utilizada para barragens em outros contextos, como no próprio estudo da Lagoa do Nado, não aborda os pormenores que diferenciam o contexto urbano do cenário da mineração. Nas cidades, como no caso de Belo Horizonte e da Lagoa do Nado, a densidade populacional e as vias de tráfego se apresentam como um fator ainda mais relevante.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das lições aprendidas com a barragem da Lagoa do Nado, estabeleceram-se diretrizes para estruturas novas ou existentes em meio urbano. Essas recomendações visam a contribuir para o aprimoramento contínuo da prática da engenharia, de forma a promover decisões mais eficientes e seguras no projeto, na operação e na manutenção de barragens. Com base na análise de eventos de ruptura, como a do presente estudo de caso, busca-se evitar a repetição de erros e a minimizar riscos para estruturas similares.

Seja por negligência, limitação de verbas públicas ou falha institucional, houve falhas por parte do poder público na gestão da barragem em estudo, em que é necessário reavaliar as prioridades e a hierarquia estabelecida na gestão de riscos. Ações de cadastro, verificações de operacionalidade e de estabilidade são os primeiros passos a serem tomados, seguidos de possíveis ações de adequação. Nesse sentido, entende-se que Planos de Ação de Emergência e Planos de Segurança de Barragens, além de outros estudos, são essenciais mesmo em pequenas barragens, seguindo a complexidade associada à estrutura. Ademais, é evidente a falta de normatização específica que trate das particularidades de barragens em cenários urbanos, em que existe um maior enfoque dado para barragens relacionadas à mineração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2024). *NBR 13028: Mineração — Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água – Requisitos*. Rio de Janeiro.

Barragens e Segurança Geotécnica – BSG (2024) *LND-IR-2024-010: Relatório – Inspeção Rotineira, Barragem do Parque Lagoa do Nado, Outubro – 2024*. Prefeitura de Belo Horizonte.

ENEMAX Engenharia e Consultoria (2022) *LDN-PSB-21-001_R00: Plano de Segurança de Barragens – Volume I, Barragem Parque Lagoa do Nado*. Diretoria de Gestão de Águas Urbanas – DGAU/SMOBI, Prefeitura de Belo Horizonte.

ENGESOLO Engenharia LTDA (2019) *Diagnóstico preliminar das condições de estabilidade da Barragem do Nado*. Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura, Prefeitura de Belo Horizonte, 94 p.

Ferradosa, T (2024) *Risk Analysis*. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.

Henriques, D., Villar, L. (2025a) Mapeamento qualitativo de áreas potenciais de geração de sedimentos: estudo de caso da sub-bacia da barragem da Lagoa do Nado em Belo Horizonte – MG. In: 5° Congresso Internacional de Hidrossedimentologia, Campinas. *Anais*... ISBN 978-65-87570-29-7, p. 60-64.

Henriques, D., Villar, L. (2025b) Trânsito de cheias e galgamento: estudo de caso da barragem da Lagoa do Nado em Belo Horizonte/MG. In: XXVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Vitória. *Anais*... ISSN 2318-0358.

Henriques, D., Villar, L. (2025c) Formação de brechas e Dam Break: retroanálise da ruptura da Lagoa do Nado em Belo Horizonte/MG. In: XXVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Vitória. *Anais*... ISSN 2318-0358.

Lopes, F., Macedo, D., Medeiros, I., Umbelino, G., Magalhaes, J. (2003) *Bacias hidrográficas como unidade de análise de processos de expansão urbana desordenada: o caso da bacia do Córrego do Nado – Belo Horizonte/MG*. Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282912460_Bacias_Hidrograficas_como_unidade_de_analise_dos_processos_de_urbanizacao_desordenados_-_o_caso_da_bacia_do_corrego_do_nado_-_Belo_Horizonte_-_MG. Acesso em: 19 jan. 2026.

Prefeitura de Belo Horizonte – PBH (2022) *Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem. Capítulo 1 – Drenagem urbana em Belo Horizonte*. Belo Horizonte, 73p. Disponível em: https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/Cap%C3%ADtulo1_Drenagem%20Urbana%20em%20BH.pdf. Acesso em: 19 fev. 2025.

Prefeitura de Belo Horizonte – PBH (2024) Relatório Técnico Preliminar: Barragem do Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado. Comissão Especial, Portaria SMOBI 314/2024, 79p.

Prefeitura de Belo Horizonte – PBH (2025) Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado. Belo Horizonte. Disponível em: https://prefeitura.pbh.gov.br/fundacao-de-parques-e-zoobotanica/informacoes/parques/parque-lagoa-do-nado. Acesso em: 22 mar. 2025.

PRODABEL (2025) *Catálogo metadados BHGEO*. Belo Horizonte. Disponível em: https://geonetwork.pbh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search;jsessionid=8FFB268563652BF6D2E160029F84E9DF.geonetwork1#/home. Acesso em: 19 jan. 2026.

PROJETA (2019) *Sondagem para simples reconhecimento de solos – Parque Lagoa do Nado, Belo Horizonte – MG*. Superintendência de Desenvolvimento da Capital, Prefeitura de Belo Horizonte. Disponível em: https://bhgeo.pbh.gov.br/sites/geoportal.pbh.gov.br/files/BHGEO/SONDAGEM_GEOTECNICA/2447_26092019.pdf. Acesso em: 19 jan. 2026.

Sandroni, S., Guidicini, G. (2021) *Barragens de Terra e Enrocamento*. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos.