

XXV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Mapeamento de perigo potencial associado ao rompimento de barragens sob efeito cascata em grande escala

Stefany G. Lima¹ & Rodrigo C.D Paiva²

INTRODUÇÃO

Eventuais rupturas de barragens podem gerar danos consideráveis, especialmente em rios que possuem reservatório em cascata. Esse fenômeno, conhecido como efeito dominó, pode desencadear uma imensa onda de cheia (COLLISCHONN, 1997), resultando em prejuízos econômicos, ambientais e perdas de vidas humanas a jusante do barramento (BRASIL, 2010). Só no Brasil, em um intervalo de tempo de 4 anos, ocorreram acidentes de grandes proporções em Minas Gerais, no distrito de Mariana (IBAMA, 2015) e na cidade de Brumadinho (IBAMA, 2019).

As avaliações dos impactos dessas inundações geralmente são feitas através de modelagem hidrodinâmica sofisticada, mas apesar de ser bastante difundida, esta apresenta algumas desvantagens, como alto custo computacional e o tempo de processamento, dificultando a análise de múltiplos cenários de rupturas.

Nesse contexto, o uso de metodologias simplificadas surge como uma alternativa viável. Essas abordagens podem ser facilmente aplicadas em bases oficiais do Estado como a Base Hidrográfica Nacional (BHO) (ANA, 2017) e Massas D'Água (ANA, 2020), permitindo mapear o perigo potencial de rompimentos em grande escala.

À vista disso, o principal objetivo deste trabalho é a elaboração de mapas de perigo em grande escala, com o intuito fomentar a comunicação sobre os riscos de inundações decorrentes de possíveis rompimentos de barragens em cascata, além de fornecer suporte para a tomada de decisões.

METODOLOGIA

Foi desenvolvido um método para mapear o perigo potencial causado por eventos de inundações muito rápidos, como ondas de cheias provenientes de rompimento de barragens sob efeito cascata. O método é composto de algumas etapas, incluindo (i) estimativa de vazões de rompimento de reservatórios de água por meio de uma equação empírica (Costa, 1985) e (ii) aplicação de um modelo baseado nos princípios físicos das equações de Saint-Venant para atenuação do pico da onda de cheia (Paiva e Lima, 2023). O modelo é (iii) aplicado de forma recursiva em uma rede de drenagem nacional (BHO 2017), com (iv) uma abordagem conservadora para promover o efeito cascata. (v) Algoritmos de processamento de cálculo foram desenvolvidos em *software* MATLAB para (vi) estimar os parâmetros do modelo de atenuação da onda de cheia e (vii) o período de retorno equivalente das vazões de rompimento, baseado na frequência de cheias naturais estimadas a partir de equações de regionalização, e com isso, é possível (ix) elaborar mapas em *softwares* GIS para auxiliar nas estimativas de perigo e tomadas de decisão.

RESULTADOS

A metodologia simplificada utilizada considera os fatores que provocam a diminuição da intensidade da cheia ao longo do vale a jusante, resultando nas vazões máximas alcançadas. De acordo com o modelo de atenuação, as vazões de pico diminuem à medida que se propagam para jusante dos rios da bacia, e esse comportamento pode ser observado no mapa da Figura 1a. Os resultados evidenciam que os rompimentos de barragens podem ocasionar uma grande variação na magnitude

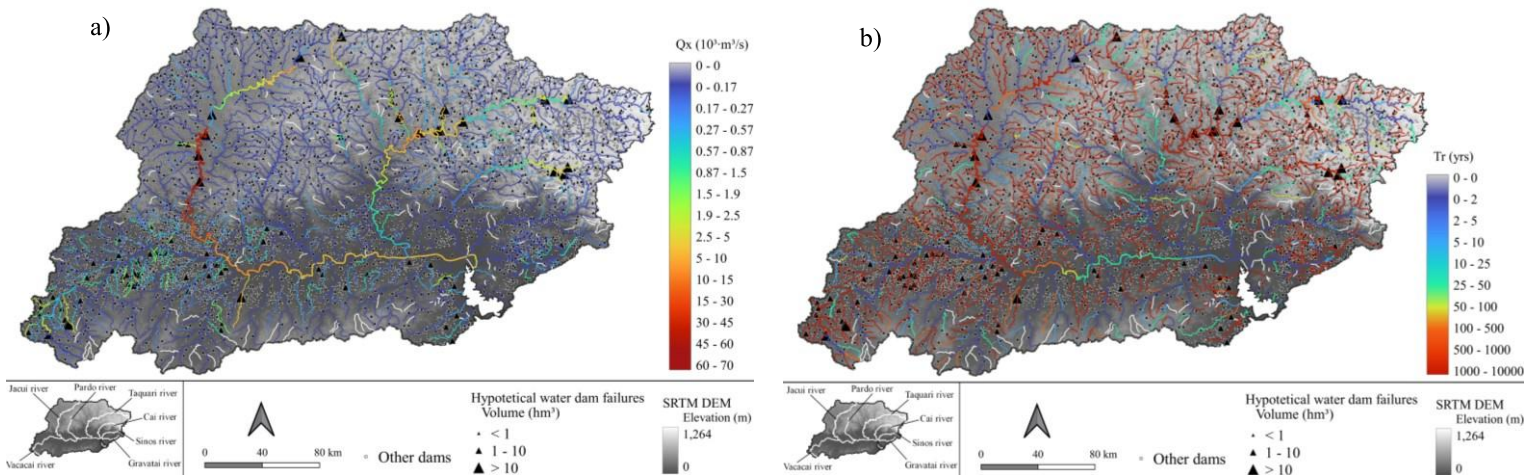
1) Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre – BR. stefglima@gmail.com

2) Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre – BR. rodrigo.paiva@ufrgs.br

da vazão à medida que essa se propaga para jusante, devido ao efeito cascata e ao fenômeno da atenuação.

O grau de perigo é fortemente intensificado com o aumento do período de retorno. A FIGURA 1b fornece um mapa que mostra como o período de retorno equivalente das vazões máximas varia dependendo da magnitude das cheias resultantes dos rompimentos. O mapa exhibe diferentes intensidades de perigo, que variam de muito baixo ($T_r \leq 2$ anos) a muito alto (T_r de 500, 1000 e 10000 anos).

Figura 1 - Mapeamento de perigo potencial associado ao rompimento de barragens sob efeito cascata para os parâmetros de a) Vazões máximas de ruptura $Q(x)$ e b) Tempo de retorno equivalente T_r .



CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta uma metodologia inovadora para mapear os possíveis impactos de inundações causados por rompimentos de barragens sob efeito cascata em grande escala. Para isso, são elaborados mapas de perigo em grande escala, utilizando um modelo de base física, que permitiu visualizar a distribuição espacial do perigo de inundação, expresso em termos de índices simples e intuitivos, como as vazões máximas de ruptura e o período de retorno equivalente das ondas de cheia.

A metodologia de mapeamento de perigos em grande escala pode apresentar imprecisões quando há uma generalização de parâmetros devido à falta de produtos com detalhamento em pequena escala. Por exemplo, neste trabalho, em rios menores, a relação entre o armazenamento de planície e a largura do canal é generalizada com base na declividade, uma vez que informações pré-processadas estão indisponíveis.

REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Base hidrográfica otocodificada multiescalas 2017 (BHO 2017)*. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/0c698205-6b59-48dc-8b5e-a58a5dfcc989>. Acesso em: 05 jun. 2023.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Atualização da Base de Dados Nacional de Referência de Massas d'Água*. Nota Técnica N° 52/2020/SPR, Brasília, 2020. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/7d054e5a-8cc9-403c-9f1a-085fd933610c/attachments/NT_52_SPR_ANA_2020.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2023.
- BRASIL. *Lei n° 12.334, de 20 de setembro de 2010*. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. Brasília, DF, 2010.
- IBAMA. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. *Laudo Técnico Preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, Mariana, Minas Gerais*, 2015, 38pp.
- IBAMA. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. *Rompimento de barragem da Vale em Brumadinho (MG) destruiu 269,84 hectares, 2019*. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/noticias/730-2019/1881-rompimento-de-barragem-da-vale-em-brumadinho-mg-destruiu-269-84-hectares>>.
- Collischonn, W. (1997). *Análise do Rompimento da Barragem de Ernestina*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Porto Alegre, 193 pp.
- Costa, J. E. (1985). *Floods from dam failures* (Vol. 85, No. 560). US Geological Survey.
- Paiva, R.C.D. e Lima, S.G. (2023) A Simple Model of Flood Peak Attenuation. *Em revisão na Water Resources Research*.

AGRADECIMENTOS - Os autores desejam reconhecer a CAPES e a Agência Nacional de Águas - ANA pelo financiamento concedido para publicação deste trabalho.