

Modelagem de Escoamentos Hidráulicos à Jusante de Barragens: Aplicações ao Estudo de Vazões de Cheia

Maria Inês da Silva¹, Joël Viltus²

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas
Vitor E. Molina Junior³, Laura M. C. F. Fais⁴, Diego S. Rodrigues⁵
Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas

Nos últimos anos, o aumento da demanda hídrica tem sido crescente em algumas regiões do país, de onde então tem sido justificadas algumas construções de barragens. Nesse âmbito, a despeito da tomada de ações para prevenção de acidentes, que de fato devem ou deveriam ser o foco, é imprescindível a realização de estudos que possam analisar o risco de possíveis áreas atingidas.

Para o desenvolvimento de tais estudos, faz-se necessário o uso de modelos hidrodinâmicos computacionais, os quais também requerem conhecer dados topográficos da área de estudo. Situado nesse âmbito, o objetivo deste trabalho é estudar o comportamento de vazões de cheia, o tempo de chegada e a dinâmica de escoamentos hidráulicos que ocorrem à jusante de barragens. Como motivação para isso foi escolhida a área situada no entorno da Barragem Duas Pontes-SP, conforme ilustrado na Figura 1.

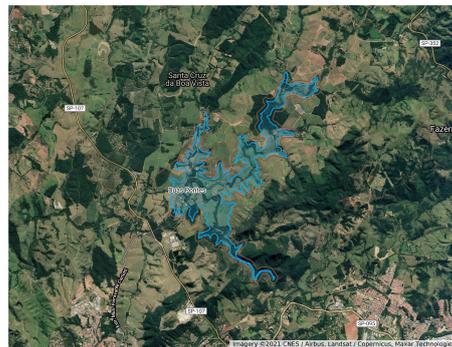


Figura 1: Barragem Duas Pontes, com a cota d'água de 647,0 m em cor azul. Fonte: Google Maps.

Para a modelagem hidrodinâmica à jusante da referida barragem foram utilizadas como equações governantes as equações de águas rasas bidimensionais em regime transiente [3]. Como condição de contorno foi imposta uma vazão proveniente de um hidrograma de fluxo “parabólico” parametrizado pela vazão de pico, pelo tempo de pico e pelo volume extravasado, conforme referência [1]. Para a modelagem da topografia da área de estudo foi utilizado um modelo digital de elevação da base Alos-Palsar do Centro de Distribuição de Arquivos da Universidade do Alaska. As simulações foram implementadas integralmente utilizando-se o *software* gratuito HEC-RAS.

¹m190927@dac.unicamp.br

²j123749@dac.unicamp.br

³molina@ft.unicamp.br

⁴laura@ft.unicamp.br

⁵diego.rodrigues@ft.unicamp.br

Para geração do hidrograma de fluxo, no qual a vazão é definida minuto a minuto, foi desenvolvido um código próprio implementado em linguagem Octave. A investigação proposta contemplou 9 cenários distintos para os quais a vazão de pico foi fixada a partir em $715 \text{ m}^3/\text{s}$ e para as quais considerou-se tempos de pico de 5, 10 ou 15 minutos e volumes percentuais extravasados iguais a 5%, 10% ou 15% do volume total útil do reservatório, igual a $43,59 \text{ hm}^3$ [2].

Tabela 1: Áreas inundadas para cada um dos 9 cenários dos hidrogramas estabelecidos.

| Cenário/Simulação | Área Inundada (m^2) | Comprimento da Fronteira (m) |
|-------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| $V = 5\%$ e $t_p = 5 \text{ min}$ | $1.04 \cdot 10^6$ | $1.95 \cdot 10^4$ |
| $V = 5\%$ e $t_p = 10 \text{ min}$ | $1.06 \cdot 10^6$ | $1.95 \cdot 10^4$ |
| $V = 5\%$ e $t_p = 15 \text{ min}$ | $1.07 \cdot 10^6$ | $1.95 \cdot 10^4$ |
| $V = 10\%$ e $t_p = 5 \text{ min}$ | $2.20 \cdot 10^6$ | $3.32 \cdot 10^4$ |
| $V = 10\%$ e $t_p = 10 \text{ min}$ | $2.22 \cdot 10^6$ | $3.32 \cdot 10^4$ |
| $V = 10\%$ e $t_p = 15 \text{ min}$ | $2.24 \cdot 10^6$ | $3.30 \cdot 10^4$ |
| $V = 15\%$ e $t_p = 5 \text{ min}$ | $3.00 \cdot 10^6$ | $4.58 \cdot 10^4$ |
| $V = 15\%$ e $t_p = 10 \text{ min}$ | $2.99 \cdot 10^6$ | $4.48 \cdot 10^4$ |
| $V = 15\%$ e $t_p = 15 \text{ min}$ | $3.00 \cdot 10^6$ | $4.49 \cdot 10^4$ |

A partir dos resultados reportados na Tabela 1, as áreas de inundação foram analisadas graficamente e numericamente, tendo como principal resultado o fato de que a área inundada relevou-se ser diretamente proporcional ao volume extravasado (ao menos de forma aproximada) e praticamente insensível aos tempos de pico impostos. Embora os resultados relativos às áreas de inundação não tenham sido calibrados ou validados a partir de dados de campo (os quais são inexistentes), os autores esperam que eles possam ensejar outros trabalhos científicos especificamente voltados para o desenvolvimento de estratégias e planos de ações de seguranças de barragens.

Agradecimentos

Os autores agradecem o GT “Engenharia Matemática” do Grupo de Pesquisa e Ação em Conflitos Riscos e Impactos Associados a Barragens (CRIAB) pelas motivações e oportunidades oferecidas para o desenvolvimento deste trabalho. Agradecimentos ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia da FT-UNICAMP pelas bolsas CAPES de mestrado de MIS e JV. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e da FAEPEX/PRP-UNICAMP, Processo #2378/2020.

Referências

- [1] B. J. Bardfield, R. C. Warner e C. T. Haan. **Applied hydrology and sedimentology for disturbed areas**. 1^a ed. Stillwater: Oklahoma Technical Press, 1981.
- [2] Márcio Alberto Cancellara. **Projeto Básico – Barragem Duas Pontes – Relatório Final**. <https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/deliberation/CBH-PCJ/6047/delibcomitespcj179-13.pdf>. Accessed: 2021-08-18. 2013.
- [3] O. C. Zienkiewicz. **The Finite Element Method**. 5^a ed. Oxford: Butterworth–Heinemann, 2000. ISBN: 0750650508.