

ESTUDO DE CENÁRIOS DE RUPTURAS DE BARRAGENS E IMPACTOS NAS MANCHAS DE INUNDAÇÃO UTILIZANDO BASE TOPOGRÁFICA SRTM E AEROLEVANTAMENTO A LASER LIDAR

Lorêdo Vianini Neto¹ e Márcio Benedito Baptista²

¹ Engenheiro Civil, Pimenta de Ávila Consultoria Ltda, MSc Recursos Hídricos UFMG, Brasil.

² Professor Titular UFMG, Depto. de Eng. Hidráulica e Recursos Hídricos, Brasil.

E-mail: loredo.vianini@gmail.com, marcio.baptista@ehr.ufmg.br

Introdução

Apesar da obrigatoriedade imposta pela Política Nacional de Segurança de Barragens (Lei no 12.334/2010) de elaboração do plano de ação emergencial para determinadas classes de risco de barragens, no Brasil ainda não foi especificada uma diretriz metodológica geral para realização de estudos de ruptura de barragens.

O mapa de inundação é uma ferramenta importante para o planejamento das ações emergenciais; uma envoltória de inundação incorreta ou muito improvável resulta em um Plano de Ações Emergenciais falho, impactando, por exemplo, a eficiência do plano de evacuação elaborado pelos agentes públicos responsáveis por essa atividade. Segundo Costa (1985), houve redução de até 19 vezes no número de fatalidades decorrentes de catástrofes de ruptura de barragens em comparação aos casos nos quais o aviso havia sido inadequado ou inexistente.

Um dos mais importantes dados para a modelagem hidrodinâmica de estudos de rupturas hipotéticas de barragens são as bases topográficas. Estas tem por objetivo a criação do MDE (Modelo Digital do Elevação) e/ou MDT (Modelo Digital do Terreno), que pode ser obtido por meio de dados da missão *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM), aerolevanteamento fornecido pelo cliente, perfilamento a laser aerotransportado LiDAR, cartas topográficas gratuitas fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia (IBGE), ou, ainda, seções batimétricas obtidas em campo. No presente estudo serão utilizadas as bases SRTM e laser LiDAR para efeitos comparativos.

Entretanto, devido à dificuldade de verificação do resultado da aplicação dessa metodologia, principalmente devido à escassez de estudos de retroanálise de ruptura de barragens, surgem muitos debates e questionamentos quanto à capacidade desses métodos de previsão da inundação decorrente da ruptura. Algumas indagações são recorrentemente realizadas: Qual é a precisão da mancha de inundação? É plausível realizar o planejamento de ações emergenciais (PAE) com os resultados obtidos? Os modelos superestimam a inundação e prejudicam o empreendedor ou responsável pela barragem quando o mesmo é solicitado a quantificar os dados associados a uma eventual ruptura? A topografia é realmente tão impactante no estudo?

A motivação para realização deste trabalho deve-se, portanto, à constatação da necessidade de se verificar os impactos nas manchas de inundação inerentes à utilização de diferentes bases topográficas, geralmente adotados em estudos de ruptura de barragens.

Como estudo de caso será considerada a ruptura da Barragem da Pampulha, localizada na cidade de Belo Horizonte, Sudeste do Brasil, como apresentado na Figura 1. O lago formado pela barragem faz parte do conjunto moderno da Pampulha que recentemente (2016) ganhou notória importância por receber o título de patrimônio cultural da humanidade pela Unesco.



Figura 1.- Lagoa da Pampulha. Fonte: (www.googlemaps.com).

Metodologia

Premissas para geração do hidrograma de ruptura

Foi considerada a hipótese de ruptura da Barragem da Pampulha por erosão interna regressiva do maciço (*piping*) em dia seco e nível de água do reservatório igual à soleira do extravasor. Para a formação da brecha de ruptura foi utilizada a equação proposta por Froelich (2008).

Outro importante dado para este estudo é o volume do reservatório. Nas últimas décadas, o fenômeno de assoreamento da lagoa e da eutrofização de suas águas acelerou-se, chegando, em 1998, ao quadro de perda de 50% do seu volume de reservação e de 40% da área do espelho d'água (PBH, 2013).

Dado à representatividade do assoreamento da lagoa, será considerado a mobilização de 50% do volume de sedimentos retidos no fundo do reservatório para o vale a jusante. Este cenário foi definido como *Cenário Base* por ser considerado como o mais provável no caso de uma ruptura hipotética da Barragem da Pampulha (VIANINI NETO, 2016).

Para a realização da modelagem da formação da brecha de ruptura foi utilizado o modelo HEC-HMS (USACE, 2010), desenvolvido pelo corpo de engenheiros do exercito dos Estados Unidos (U. S. Army Corps of Engineers) e amplamente utilizado nesse tipo de estudo.

Propagação da onda e mapeamento da inundação

A propagação da onda de cheia foi realizada utilizando o modelo bidimensional HEC-RAS (USACE, 2010). Para efeitos de comparação em termos de velocidades de escoamento, profundidades e extensão da mancha de inundação são simulados cenários adotando diferentes bases topográficas com diferentes graus de precisão para geração dos modelos digitais de elevação e terreno.

Os modelos digitais de elevação (MDEs) e os modelos digitais de terrenos (MDTs) são diferentes formas de representação topográficas e ambos são de grande utilidade em estudos hidráulicos. Os modelos digitais de elevação (MDEs) são construídos por meio da aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e não desconsideram a elevação de objetos posicionados sobre a superfície da terra, por exemplo, o dossel das árvores em áreas densamente florestadas e edifícios e grandes construções

em áreas urbanas. Já os MDTs referem-se à cota altimétrica do nível do solo e são construídos a partir de mapas topográficos (curvas de nível, levantamentos por GPS ou por perfilamento a laser - LIDAR).

Os MDEs representam uma alternativa para geração de bases topográficas e podem ser gerados a partir da técnica de interferometria por radar. Nessa técnica, o imageador, por meio de uma antena central, ao se deslocar ao longo de sua trajetória, emite um sinal e registra as informações do retorno do sinal por antenas auxiliares posicionadas em uma distância conhecida. Como exemplo de MDEs gerados por interferometria por radar, pode-se citar o projeto *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM).

O MDE SRTM que foi utilizado na modelagem deste estudo tem precisão de pixel com 30 m, e, por meio da base topográfica do aerolevanteamento a laser LiDAR, foram gerados 3 MDTs com Pixel de 2 m, 4 m e 8 m. A fonte primária do aerolevanteamento a laser LiDAR são pontos com definição das coordenadas tridimensionais X, Y e Z e, com essas informações, foram geradas curvas de nível espaçadas a cada 1,0 m.

A Figura 2 apresenta os MDEs utilizados neste estudo.

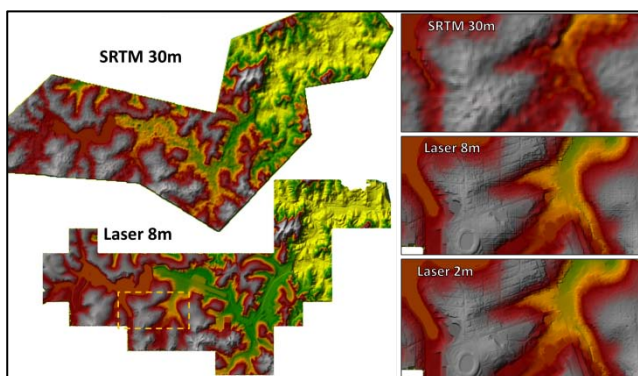


Figura 2.- MDEs adotados no estudo.

Os resultados da propagação da onda de cheia foram sintetizados em mapas de inundação, nos quais é possível comparar as diferenças na delimitação da mancha de inundação conforme o MDE utilizado.

Resultados e discussões

Os estudos de rupturas de barragens são fundamentais para previsão de manchas de inundação, qualificação e quantificação de danos, elaboração de planos de emergências e gestão de riscos.

Um aspecto que se mostrou de fundamental importância foi o ajuste do MDE utilizando a base gratuita SRTM e a base obtida pelo perfilamento a laser LiDAR. O MDE gerado a partir da base gratuita SRTM não representou adequadamente o vale a jusante e gerou uma mancha de inundação 16% inferior à contabilizada para a mancha de inundação do Cenário Base. Os resultados da análise de sensibilidade do MDE com precisão de 30 m mostraram uma tendência de diminuição da área inundada à medida que a resolução da topografia diminui, contrariando observações realizadas por Cook & Merwade (2009) e Rocha (2015).

O fato da área inundada ter aumentado à medida que a resolução do MDE melhora pode ser explicado neste caso pelo o fluxo de água remontar mais as regiões dos afluentes. Quanto menor o tamanho do pixel do MDE maior a chance de representar com fidelidade uma calha estreita de um afluente, ou seja, pixels grandes tendem a tamponar as calhas dos afluentes e as manchas de inundação são barradas antecipadamente. A Figura 3 apresenta um exemplo em que isso ocorre na região próxima à ETE Onça.

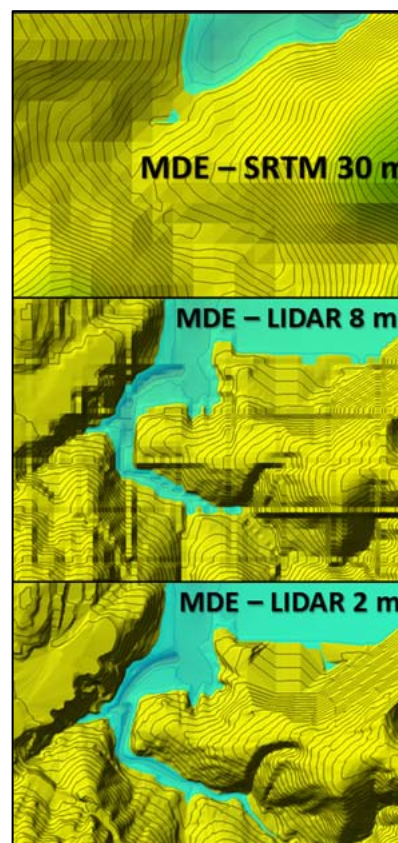


Figura 3.- Diferenças das manchas de inundação.

Nesse contexto, caso o resultado correspondente ao MDE SRTM 30 m fosse utilizado para cálculo de consequências da inundação, com quantificação do número de edificações atingidas, os valores seriam mais otimistas e diferentes da realidade.

Este resultado reforça a importância da topografia detalhada neste tipo de estudo, pois neste caso, o MDE gratuito SRTM resultou em uma mancha desfavorável à segurança e, portanto, deve ser utilizada com cautela, principalmente se tratando de regiões densamente povoadas.

Referencias bibliográficas

Brasil. Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010. Brasília, 2010.

Costa, J. E. (1985). Floods from Dam Failures. Colorado: U.S. Geological Survey Open-File Report.

Cook, A.; Merwade, V. Effect of topographic data, geometric configuration and modeling approach on flood inundation mapping. *Journal of Hydrology*, v. 377, n. 1, p. 131-142, 2009.

Froehlich, D. C. Embankment Dam Breach Parameters and Their Uncertainties. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 134, No. 12, Maio, pp 1708-1720, 2008.

PBH. (s.d.). *Recuperacao bacia pampulha*. Obtido em 26 de Fevereiro de 2013, de <http://www.recuperacaobaciapampulha.com.br/infomacoes/hidrografia>

Rocha, F. F. Retroanálise da Ruptura da Barragem São Francisco – Miraf, Minas Gerais, Brasil, Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2015, 174 p.

Usace – U. S. Army Corps Of Engineers. *Hydrologic Modeling System HEC-HMS and River Analysis System HEC-RAS*. Davis: Hydrologic Engineering Center (HEC), 2010.

Vianini Neto, L. Estudo de ruptura da Barragem da Pampulha, em Belo Horizonte: Retroanálise da brecha do acidente de 1954 e ruptura hipotética nas condições atuais. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.