

SIMULAÇÃO HIDRODINÂMICA DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM NORTE EM JOSÉ BOITEUX/SC

Adangelo Eldebrando Krambeck¹; Msc. Gabriele Tschoke²

ABSTRACT – The use of man-made dams has been practiced since antiquity and over time has achieved several goals, such as accumulation of water for domestic supply, irrigation and flood control. Both natural and built dams have failed and broken in major events of history, causing economic losses and losing thousands of lives. In order to increase safety in dams, legislation and standards have been created. One way of analyzing the magnitude of a dam's rupture is through the study of flood waves due to the rupture of the dam structure. This work brought the simulation of the hypothetical rupture of the North Dam, generating hydrographs of flood waves in the downstream valley. With this, one can help in the construction of the contingency plan for the municipality of Ibirama - SC.

Palavras-Chave – Rompimento de barragem, Mapa de inundação, HEC-RAS.

1) Universidade do Estado de Santa Catarina – CEAVI, adangelock@gmail.com, (47) 992206909

2) Universidade do Estado de Santa Catarina – CEAVI, gabrieletschoke@gmail.com

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Relatos apontam que o uso de barragens pelo homem é praticado desde 2.000 a.c, como alternativa para o represamento dos rios a fim de obter água nos períodos de seca. (MOECKE, 2014). Para Jansen (1980), as barragens são vitais para o desenvolvimento humano há mais de 5.000, sendo utilizada na Babilônia, Egito, Índia, Pérsia e extremo oriente. As barragens eram projetadas com o objetivo do acúmulo de água para o fornecimento doméstico, irrigação e controle de cheias. Porém, no final do século XIX, a energia e a navegação se tornaram as principais finalidades da construção de barragens. (ICOLD, 2007).

Segundo Brasil (2005) o avanço no entendimento de fenômenos hidrológicos e hidráulicos, nos processos de construção e à definição de normas reguladores permitiu um maior grau de segurança ao longo da operação de uma barragem. Ao mesmo tempo, aumentou a percepção de risco relacionada à uma barragem, decorrente de uma demanda pública por padrões mais altos de segurança e estudos de risco.

Balbi (2008) defende a ideia que o plano de segurança da barragem é um instrumento importante, que visa identificar e caracterizar situações perturbam as estruturas da barragem. A Política Nacional de Segurança de Barragens, lei nº 12.334 de 2010, traz o plano de segurança como um dos elementos obrigatórios em uma barragem com dano potencial associado. Dentro do Plano de Segurança da Barragem, está o PAE, que tem como componente, dentre outros, os mapas de inundação em casa de um evento emergencial.

Considerando estes elementos citados acima como cruciais e obrigatórios e, por não existir para a Barragem Norte, o presente trabalho vem a fim de analisar o hipotético rompimento da barragem, com a geração de gráficos de elevação após a ruptura, podendo assim, analisar áreas vulneráveis à inundação. Com isto, auxiliando na compreensão da dimensão de um evento crítico na Barragem Norte.

2. LOCAL DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí está localizada na região sul do Brasil, no estado de Santa Catarina, situada no domínio da Mata Atlântica, com uma área de drenagem total de 14.933 km², podendo ser classificada como de porte médio. O seu rio principal, o Itajaí-Açu, ou simplesmente Itajaí, corre no sentido oeste-leste, tendo o Oceano Atlântico como sua foz. (JICA, 2011)

O rio Itajaí-Açu começa a ser chamado desta forma na união dos rios Itajaí do Sul e do rio Itajaí do Oeste, no município de Rio do Sul. O Itajaí-Açu é composto por seis grandes sub-bacias: Itajaí do Norte (ou Hercílio), Itajaí do Oeste, Itajaí do Sul, Benedito, Luís Alves e Itajaí-mirim.

Em relação ao território da região do Vale do Itajaí, pode-se adotar a divisão em três grandes compartimentos naturais: o alto, médio e baixo vale. Decorrente as suas características geológicas

e geomorfológicas. As cabeceiras do rio Itajaí-Mirim, como também toda a área de drenagem a montante do encontro do Itajaí do Norte com o Itajaí-Açu estão na região do Alto Vale. O Médio Vale abrange a área da confluência citada e a cidade de Blumenau. A partir desta, até a foz no município de Itajaí, desenvolve-se o Baixo Vale, caracterizado pela declividade pouco acentuada e sofrendo a influência da maré.

A população se concentra principalmente as margens dos rios e com grandes cidades, de 100 mil a 300 mil habitantes, como Itajaí (na foz do rio), Blumenau (70km da foz) e Rio do Sul (190km da foz). Na figura 01, está destacada a região da bacia hidrográfica em relação ao território do estado de Santa Catarina.

O canal estudado, do rio Hercílio, possui cerca de 45 km entre a Barragem Norte até a sua congruência com o rio Itajaí do Norte, com largura média variando de trechos com 50m a 150m. No trajeto, atravessa cidades como José Boiteux, Presidente Getúlio e Ibirama.

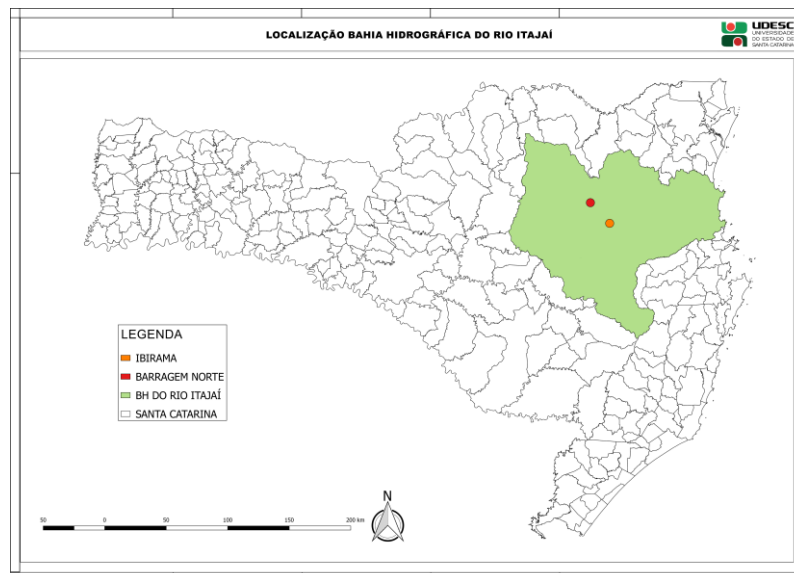


Figura 1 – Bacia do Rio Itajaí (fonte: autoria própria).

2.2 SEÇÕES TRANVERSAIS

A fim de servir como base para alimentação da simulação da ruptura realizada no HEC-RAS, foram levantadas a campo seções transversais do canal a jusante da barragem. Ao todo foram levantados 15 pontos no decorrer do rio, buscando abranger o maior número de pontos com as diferentes características do rio no trecho.

As seções foram medidas no mês de maio de 2018, em um período em que se caracterizou pela predominância do tempo seco. As médias de profundidade em cada seção se mostrou variável, com pontos com média de 1,15m até locais com média de profundidade de 8,20m. a figura 03 traz um exemplo de perfil transversal do canal, no caso localizado no município de Ibirama.

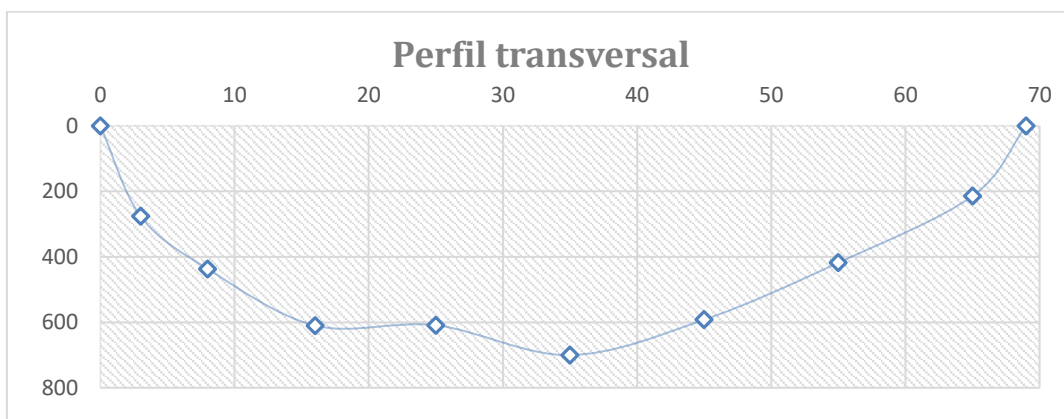


Figura 3 – Perfil transversal do Rio Itajaí do Norte (fonte: autoria própria).

2.3 PERFIL LONGITUDINAL

Com relação à declividade, nota-se duas principais características. Nos primeiros 30 km o canal apresenta baixa declividade, o que muda drasticamente no trecho final do canal. Mostrado na figura 04 a seguir.

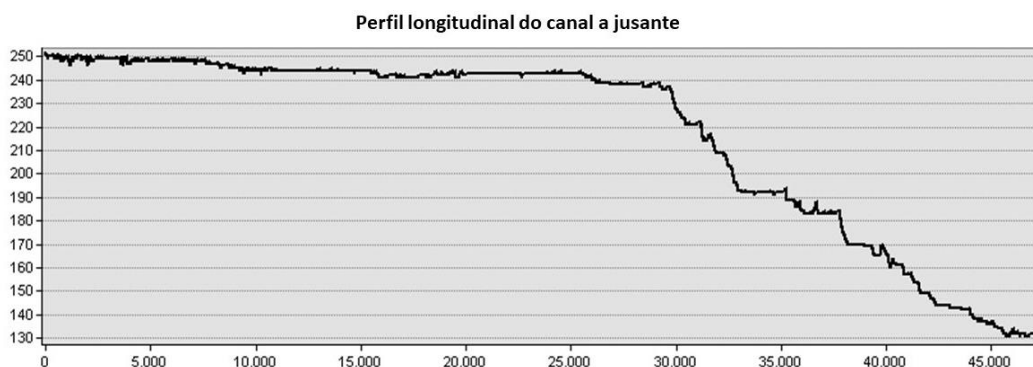


Figura 4 – Perfil longitudinal do Rio Itajaí do Norte (fonte: autoria própria).

2.4 BARRAGEM NORTE

A Barragem Norte, se localiza no município de José Boiteux, no Alto Vale do Itajaí. É a maior obra de controle de cheia realizada até hoje na bacia hidrográfica do rio Itajaí, com capacidade para armazenar 357x106 m³ de água até a crista do vertedor. A estrutura é do tipo enrocamento, possui cinco descarregadores de fundo: dois deles (tulipas) controláveis por comportas e três não-controláveis (células). Devido as suas características técnicas, seu estado de conservação e sua inconformidade com o exigido na legislação vigente, lei nº 12.334 de 2010 e resolução do CNRH, nº 143 de 2012, a barragem em questão pode ser classificada de ALTO RISCO.

2.5 SIMULAÇÃO

A simulação da ruptura da Barragem Norte será feita no software HEC-RAS 4.1 desenvolvido pelo “US Army Corps of Engineers – USACE” que permite realizar simulações de escoamento permanente, escoamento não permanente, transporte de sedimentos e ainda análise da qualidade da água.

O HEC-RAS pede dados de entrada como modelo digital de terreno (MDT), características do canal a ser estudado e da barragem. O modelo digital de terreno foi usado como base o disponível pela Secretaria de Desenvolvimento Sustentável do Estado de Santa Catarina (SDS). O modelo foi gerado a partir de ortofotos em escala 1:10.000 e possui resolução de 1,0 m. A simulação foi feita utilizando os seguintes dados de entrada, mostrados na tabela 1.

Tabela 1 – Dados de entrada com parâmetros da brecha

Dados de entrada		
Coeficiente empírico dependente do tipo de rompimento	1,4	
Volume de água acima do fundo da brecha (m ³)	357x106 m ³	
Altura da brecha (m)	58,5	
Resultados obtidos de Froehlich - Simulação 1		
	Fórmulas	Resultados
Largura média da brecha (m)	$B=0,1803K_o$ $V_w^{0,32} h_b^{0,19}$	298,36
Vazão de pico (m ³ /s)	$Q_p=0,607 K_o$ $V_w^{0,295} h_b^{1,24}$	44.017,67
Tempo de formação (h)	$t_f = 0,00254$ $V_w^{0,53} h_b^{-0,9}$	2,225
Resultados obtidos de McDonald e Lagridge-Monopolis (1984) - Simulação 2		
Largura média da brecha (m)	-	-
Vazão de pico (m ³ /s)	$Q_p = 1,154 (V_w$ $h_w)^{0,412}$	20.605,03
Tempo de formação (h)	$t_f = 0,0179$ $V_{er}^{0,364}$	13,85

Fonte: elaborado pelo autor, 2018. Obs: $K_o = 1,4$; V_w = volume de água acima da brecha; h_b = altura da brecha; V_{out} = volume de água descarregado através da brecha; V_{er} = volume de material erodido = $0,0261 (V_{out} * h_w)^{0,769}$. Adaptado de Costa (1985) e Wahl (1998).

3. RESULTADOS

Neste tópico será apresentado resultados da simulação da onda de cheia da ruptura da Barragem Norte, em José Boiteux – SC. Para a escolha dos pontos a serem apresentados foi levado em consideração a ocupação urbana nas margens do rio, visando demonstrar locais em que a inundação traria maiores consequências socioeconômicas e ambientais.

3.1 Seção 1 – José Boiteux

Este ponto foi analisado por ser em uma seção próxima a parte central da cidade de José Boiteux. É o primeiro ponto de ocupação urbana após a Barragem Norte, estando cerca de 10,5 km do reservatório. O resultado da simulação com o hidrograma 1 está disposto na Figura 5. O gráfico demonstra que o pico da inundação está em, 4 horas após o início da ruptura, resultando em um aumento de cota de, até, 25 m.

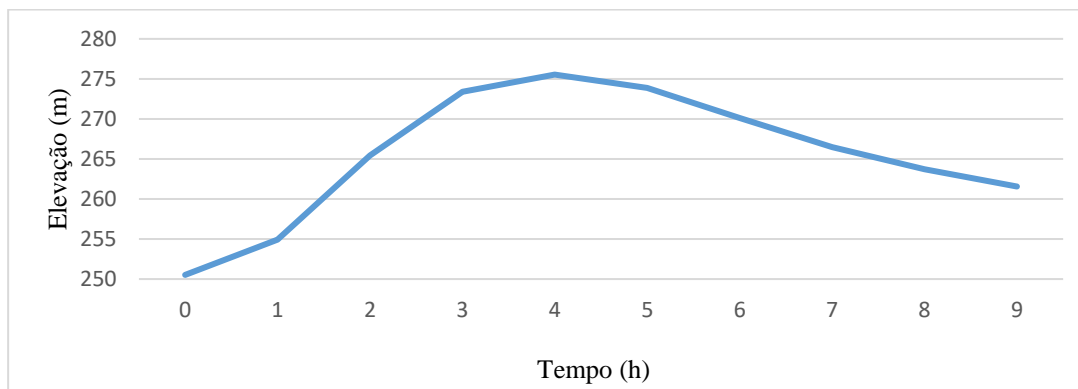


Figura 5 – Variação da cota após a ruptura (fonte: autoria própria).

Com os resultados dos dois gráficos da variação da cota após ruptura, é possível analisar regiões suscetíveis à inundação, classificando o modelo digital de terreno de acordo com a cota máxima alcançada em cada uma das duas simulações realizadas. A figura 6 mostra a região com elevação menor do que as cotas máximas de inundação na Seção 2, próxima ao município de José Boiteux. Nota-se que a região central da cidade está abaixo da cota de 257m, que representa o pior cenário de ruptura da barragem.

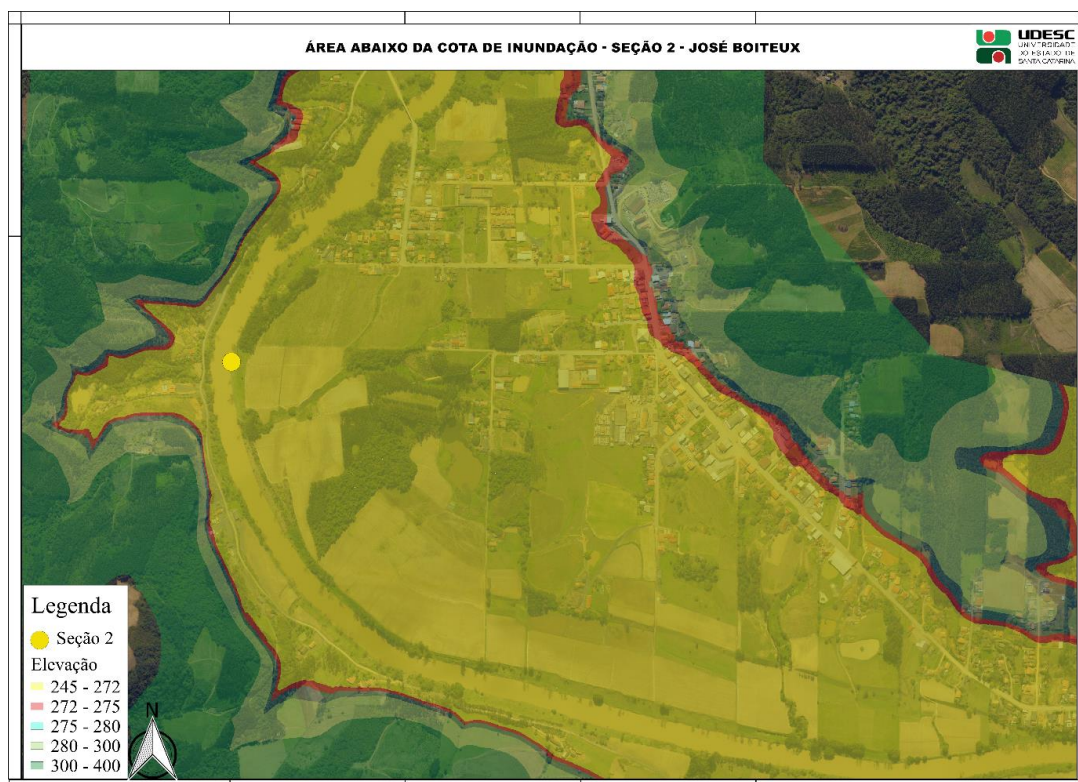


Figura 6 – Área suscetível à inundação (fonte: autoria própria).

3.1 Seção 2 – Ibirama

O ponto 5 está localizado a cerca de 42 km da barragem. Outro ponto na parte central da cidade de Ibirama, também caracterizado pela ocupação próxima as margens do rio. A simulação realizada com base no Hidrograma 1, conforme a Figura 7, mostra a onda de cheia alcançando o local, em seu pico, após 5 horas do início da ruptura, com o aumento de, aproximadamente 13 metros na elevação do rio.

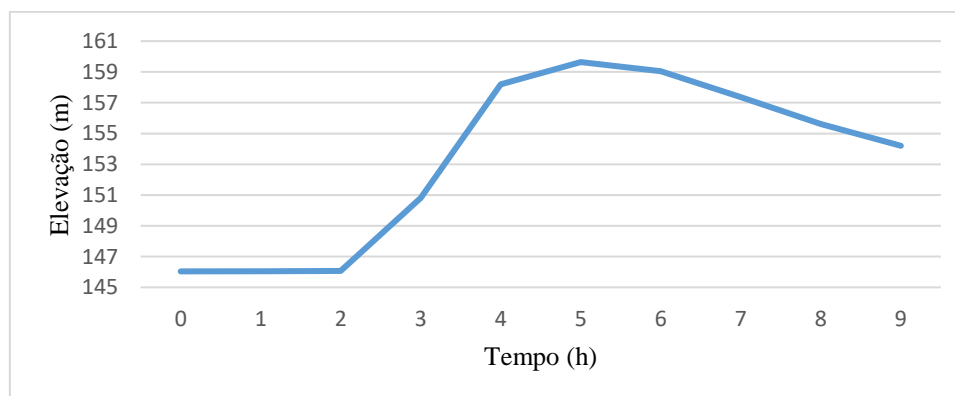


Figura 7 – Variação da cota após a ruptura (fonte: autoria própria).

A Figura 8, mostra outro ponto que representa as consequências da onda de cheia para a região com maior urbanização de Ibirama. A variação de área afetada para a Simulação 1 e 2 é pequena, mas há

uma região afetada considerável, onde se encontra instalações importantes da cidade como equipamentos públicos, comércio e residências.



Figura 8 – Área suscetível à inundação (fonte: autoria própria).

4. REFERÊNCIAS

- MOECKE, Giorgia Cleto. **Análise do rompimento hipotético da Barragem Oeste do Vale do Rio Itajaí.** 2014. 81 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Ufsc, Florianópolis, 2014.
- Wahl, T. L. (1998) - **“Prediction of Embankment Dam Breach Parameters: A Literature Review and Needs Assessment”**, Dam Safety Research Report, Water Resources Research Laboratory, U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Dam Safety Office.
- JANSEN, R. B. **Dam and Public Safety. USA: Water Resources Technical Publication.** Denver: U. S. Department of the Interior, 1980, 332 p.
- ICOLD. **Dams and the World’s Water – Na Educational Book that Explains how Dams Help to Manage the World’s Water.** International Commission on Large Dams, Paris, 2007.
- JICA. **Estudo Preparat rio para o projeto de preven o e mitiga o de desastres na bacia do rio Itajaí.** Agência de Coopera o Internacional do Japão, NIPPON JOEI CO. LTD, 2011.
- BALBI, Diego Antonio Fonseca. **METODOLOGIAS PARA A ELABORA O DE PLANOS DE A OES EMERGENCIAIS PARA INUNDA OES INDUZIDAS POR BARRAGENS. ESTUDO DE CASO: BARRAGEM DE PETI - MG.** 2008. 353 f. Disserta o (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-gradua o em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Ufmg, Belo Horizonte, 2008
- BRASIL, Lucas Samuel Santos. **UTILIZA O DE MODELAGENS UNI E BIDIMENSIONAL PARA A PROPAGA O DE ONDA DE CHEIA PROVENIENTE DE RUPTURA HIPOTÉTICA DE BARRAGEM. ESTUDO DE CASO: BARRAGEM DE RIO DE PEDRAS – MG.** 2005. 222 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-gradua o em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Ufmg, Belo Horizonte, 2005.