

AVALIAÇÃO DO RISCO DE CHEIAS: UMA APLICAÇÃO À PLANÍCIE DO RIO LIMPOPO EM MOÇAMBIQUE

José MANANE¹, Álvaro Carmo VAZ², Cristian VIVEROS³

1. CONSULTEC, Lda, Rua Ten.-Gen. Oswaldo Tazama, n.º 169, Maputo, jmanane@consultec.co.mz

2. CONSULTEC, Lda, Rua Ten.-Gen. Oswaldo Tazama, n.º 169, Maputo, acv@consultec.co.mz

3. CONSULTEC, Lda, Rua Ten.-Gen. Oswaldo Tazama, n.º 169, Maputo, cviveros@consultec.co.mz

RESUMO

A presente comunicação se insere nas áreas de Hidráulica Computacional e Gestão Integrada de Cheias, e aborda a avaliação das consequências de cheia com base na metodologia do *simplified LifeSim* aplicada no programa computacional HEC-FIA, desenvolvido pelo *Hydrologic Engineering Center* dos EUA. Para essas análises, foi desenvolvido um modelo hidráulico híbrido 1D-2D de análise multidimensional do escoamento não-permanente gradualmente variado, usando o método dos volumes finitos, que incorpora na sua estrutura, o conceito de sub-grelha batimétrica e discretização híbrida dos termos das equações de Navier-Stokes integradas em profundidade. Para avaliação das consequências, usando os resultados do modelo hidráulico e da caracterização socioeconómica do Vale do rio Limpopo em Moçambique, uma extensa planície que tem sofrido inundações cíclicas, foi possível espacializar o risco de cheias, definindo-se assim as bases para a definição de medidas de Gestão Integrada de Cheias que visassem a redução do risco potencial; nessa análise, as probabilidades da cheia foram caracterizadas pelos seus períodos de retorno, pré-definidos, ao passo que as consequências da cheia foram avaliadas por via da monetarização dos impactos potenciais de cada evento em diferentes sectores da vida humana nomeadamente da agricultura, indústria, pecuária, infra-estruturas, veículos, população afectada e potencial de perdas humanas. As análises efectuadas permitiram ainda a quantificação do dano anual esperado, uma importante fracção do PIB, cujo impacto na economia justifica a implementação de um Plano de Gestão Integrada de Cheias na área de estudo.

Palavras-Chave: discretização híbrida; sub-grelha batimétrica; risco de cheias; Gestão Integrada de Cheias.

1. INTRODUÇÃO

A Bacia hidrográfica do rio Limpopo em Moçambique tem sido assolada por várias grandes cheias durante os últimos 50 anos. Logo após a Independência ocorreu, em 1977, uma cheia devastadora, causando mortes e grandes danos no Baixo Limpopo, particularmente nas regiões de Chókwè e Xai-Xai. Outras cheias seguiram-se em 1981, 1988 e 1996, ainda que de uma dimensão menor. A maior cheia que a região já sofreu ocorreu no ano de 2000, com centenas de mortes, disrupção social grave e danos económicos às infra-estruturas e propriedades de uma tal dimensão que afectou bastante o PIB do País naquele ano. Depois de uma década ou mais sem cheias ou apenas com cheias menores, mais uma vez em 2013 uma grande cheia devastou a região, com os habituais impactos sociais e económicos muito negativos.

Após a experiência e impactos da cheia de 2013, o Governo moçambicano decidiu investigar o problema de uma forma mais abrangente e elaborar estratégias inovadoras para mitigar os impactos das cheias na sócio-economia. Para tal, no âmbito do Plano Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos lançou-se um projecto-piloto onde é implementada a abordagem da Gestão Integrada de Cheias (GIC), a qual visa maximizar a produtividade e o uso eficiente de planícies de cheia e zonas costeiras, minimizando a perda de vidas e impacto negativo nos meios de subsistência e no património, através de medidas de protecção adequadas.

Contudo, como o projecto e a implementação de tais medidas implica avultados desembolsos financeiros, há a necessidade de efectuar estudos de base com suficiente robustez por forma a garantir que os investimentos, uma vez feitos, sejam justificados pelos benefícios sociais almejados.

É nessa perspectiva que foi desenvolvido um modelo de análise de consequências e do risco de cheias, suportando-se de um robusto e detalhado modelo hidráulico computacional, como se descreve na presente comunicação.

2. ENQUADRAMENTO

Na presente abordagem, o risco de cheias é descrito com base na seguinte expressão (FLOODSite, 2009):

$$\text{Risco de cheia} = (\text{probabilidade da cheia}) \times (\text{consequência da cheia}) \quad [\text{Eq. 1}]$$

A probabilidades anuais da cheia foram definidas a priori, associadas a certos períodos de retorno, nomeadamente 2, 5, 10, 20, 25, 50 e 100 anos, cujos hidrogramas de caudais associados foram gerados por métodos probabilísticos, extensamente descritos na área da Hidrologia Estatística.

As consequências das cheias foram estimadas por meio de uma avaliação pormenorizada dos impactos potenciais que adviriam de uma cheia com dado período de retorno, usando a metodologia ‘*simplified LifeSim*’, aplicando o programa computacional HEC-FIA 3.0, desenvolvido pelo *Hydrologic Engineering Center* da USACE.

Para o uso da metodologia citada, foi desenvolvido um modelo hidráulico computacional híbrido 1D-2D com base em topografia de alta resolução espacial [1 m], resultante de levantamento LiDAR, que permitiu captar importantes detalhes hidráulicos da complexa planície de cheias do Limpopo. O modelo hidráulico em questão, foi calibrado para a cheia histórica de Janeiro de 2013 e validado para as cheias grandes históricas de 2000 e de 1996, tendo-se obtido resultados satisfatórios, com erros de calibração geralmente inferiores a 15%. O modelo desenvolvido, baseado no programa computacional HEC-RAS 5.0, permitiu gerar mapas matriciais de variáveis hidráulicas (*depth, velocity, depth x velocity, arrive time, etc.*), que serviram de base para o modelo de avaliação de impactos de cheias; além disso, o modelo hidráulico permitiu a avaliação da importância relativa de diferentes alternativas de medidas de Gestão Integrada de Cheias, como por exemplo, de diques de protecção, como se ilustra a seguir:



Fig. 1. Modelação de diques de protecção contra cheias em volta da Cidade de Xai-Xai

As consequências dos eventos de cheia foram estimadas em diferentes sectores da vida humana nomeadamente da agricultura (irrigada e de subsistência familiar), pecuária, indústria, infra-estruturas privadas e públicas, veículos, infra-estruturas críticas, população afectada, potencial de perdas humanas entre outras categorias.

Tal como o modelo hidráulico, o modelo de análise de consequências de cheias foi calibrado para a cheia de Janeiro de 2013 que devastou o Baixo Vale do Limpopo. Por via da monetarização das consequências dos

eventos de cheia, foi possível desenvolver a curva do risco e estimar o dano anual esperado (DAE) na situação de referência.

A espacialização do risco de cheias foi efectuada com base numa análise multi-critério por via da atribuição de pesos, que essencialmente correspondem às categorias nas quais foram estimadas as consequências de cheia, e subsequente análise geoespacial num Sistema de Informação Geográfica.

Usando uma matriz de categorização de risco de cheias com uma escala normalizada, foi possível produzir mapas de risco de cheia, os quais permitiram a definição adequada de locais de intervenção para implementação de medidas de protecção contra cheias, em linha com a temática da Gestão Integrada de Cheias.

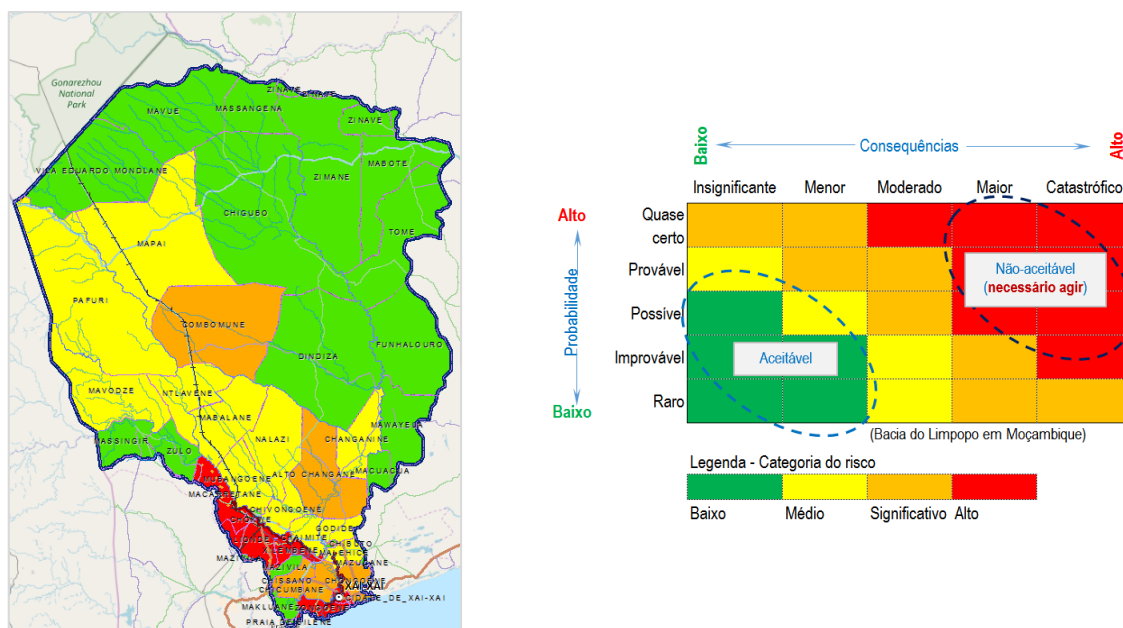


Fig. 2. Mapa de risco de cheias e respectiva matriz de risco

3. CONCLUSÕES

Com base na metodologia apresentada, foi estimado, para a situação de referência, um dano anual esperado de US \$125 milhões, que representa quase 1% do PIB médio dos últimos 10 anos; este resultado corresponde a quase metade do PIB / capita no ano de 2017 para a população residente no Vale do Limpopo, resultando que o risco actual é bastante elevado e deve ser reduzido para níveis mais aceitáveis por meio de medidas adequadas de gestão de cheia, tanto estruturais como não-estruturais.

No âmbito da estratégia da Gestão Integrada de Cheias, importa realçar medidas como a gestão do uso da terra e da água, o planeamento territorial, o aproveitamento das águas das cheias, a educação ambiental e a construção de infra-estruturas resilientes a cheias.

Finalmente importa referir que a qualidade dos resultados obtidos das análises é muito dependente dos dados de base. Para o modelo hidráulico, se dispôs de informação topográfica e hidrológica suficientemente detalhada para calibrar e validar o modelo computacional. Por seu turno, na calibração do modelo de quantificação de impactos, como não se dispôs de uma base sistematizada e detalhada de dados sobre danos e consequências de cada cheia em diferentes sectores da actividade humana (apenas valores agregados), houve a necessidade de se efectuar várias suposições, contudo, baseadas na experiência do Consultor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brunner G (2016) HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual, Hydrologic Engineering Center, Institute for Water Resources: U.S. Army Corps of Engineers, Davis, p. 547.



14. SILUSBA

FLOODsite (2009) Flood risk assessment and flood risk management – An introduction and guidance based on experiences and findings of FLOODsite (an EU-funded Integrated project).

Lehman W, Dunn, C, Light, M (2014) Using HEC-FIA to Identify the Consequences of Flood Events. 6th International Conference on Flood Management (ICFM6), São Paulo, Brasil.

USACE (2015) HEC-FIA. Flood Impact Assessment User's Manual (CPD-81).

Versteeg H, Malalasekera W (2007) An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The finite volume method, 2nd ed., Pearson Education Limited, Edinburgh Gate, Harlow, ISBN: 978-0-13-127498-3.