

RISCO DE INUNDAÇÃO EM ESTUÁRIOS. CARACTERIZAÇÃO DAS COMPONENTES DE PERIGO A DIFERENTES ESCALAS ESPACIAIS

Paula Freire¹, Ana Rilo¹, Pedro P. dos Santos², André B. Fortunato¹, Alexandre O. Tavares³ e Maria Adriana Cardoso¹

¹Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil 101, 1700-066, Lisboa, Portugal.

pfreire@lnec.pt; arilo@lnec.pt; afortunato@lnec.pt; macardoso@lnec.pt.

²Centro de Estudos Sociais. Colégio de S. Jerónimo, Largo D. Dinis, Apartado 3087, 3000-995 Coimbra.

pedrosantos@ces.uc.pt

³Centro de Estudos Sociais e Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, Largo Marquês de Pombal, 3000-272 Coimbra, Portugal. atavares@dct.uc.pt

1. Introdução

Nos estuários ou outros sistemas de transição, como lagunas e rias, a previsão das zonas inundáveis deve ter em consideração que o processo de inundação resulta da conjugação de vários fatores, associados a condições climáticas particulares, como a coincidência de níveis de maré elevados com caudais fluviais intensos, ou com sobrelevações de origem meteorológica. Nas zonas urbanas adjacentes, acresce o efeito dos níveis elevados na capacidade de resposta dos sistemas de drenagem, principalmente durante episódios de precipitação muito intensa e concentrada no tempo. Assim, a análise do risco de inundação em estuários deve considerar as diferentes componentes de perigo de forma integrada (EU/EXIMAP, 2007) e basear-se em metodologias de previsão robustas e validadas. O presente estudo teve como objetivo a caracterização do processo de inundação no estuário do rio Tejo, incluindo a identificação das componentes de perigo, a duas escalas espaciais distintas (escala regional e escala local).

2. Estuário do Tejo

O estuário do Tejo é um dos maiores estuários da Europa cujas margens apresentam fortes contrastes de ocupação territorial e onde se situam importantes infraestruturas e serviços estratégicos à escala nacional. O estuário tem elevado potencial a inundações de diferentes origens e estima-se em cerca de um milhão de habitantes (INE, 2012) a população direta ou indiretamente exposta na sua área enquadrante. A morfologia peculiar do sistema influencia o modo de propagação da maré com amplificação dos níveis para montante (Fortunato *et al.*, 1999), e proporciona uma vasta superfície de atuação do vento favorecendo a geração local de ondas (Freire e Andrade, 1999). Estas características fazem com que, face ao possível efeito da subida do nível médio do mar e desenvolvimento da ocupação territorial, o risco de inundação nas suas margens aumente nas próximas décadas.

3. Abordagem metodológica

À escala regional (escala do estuário) avaliaram-se os eventos históricos de inundação com incidência espacial nos 11 municípios marginais ao estuário, limitado a montante pelo paralelo de Vila Franca de Xira. Para tal, construiu-se uma base de dados geográfica baseada em notícias de jornais nacionais diários e informação proveniente de instituições regionais/nacionais (Autoridade Nacional da Proteção Civil, Agência Portuguesa do Ambiente e Administração do Porto de Lisboa). A informação foi estruturada em 4 grupos: dados relevantes na identificação do evento de inundação; características do evento; fatores desencadeantes; impactos do evento. Nesta abordagem não foram considerados os eventos de inundação cuja origem tenha sido exclusivamente por cheia fluvial. À escala local, o processo de inundação foi caracterizado através da recolha de dados *in situ* (monitorização de níveis e área inundada) durante 4 eventos ocorridos na frente estuarina do núcleo urbano antigo do Seixal. Com vista a identificar as diferentes componentes de perigo, quer para eventos históricos específicos selecionados tendo em conta a sua expressão e disponibilidade de informação, quer para os eventos monitorizados, caracterizaram-se a maré, pressão atmosférica, intensidade e direção do vento, precipitação e caudal fluvial.

4. Resultados e discussão

Das ocorrências registadas ao nível regional que abrangem o período entre 1865 e 2013 escolheram-se dois eventos de inundação pela sua expressão espacial e impacto: 15 de fevereiro de 1941 e 27 de

fevereiro de 2010. O primeiro corresponde a uma tempestade considerada como a maior catástrofe ocorrida na Península Ibérica nos últimos 200 anos (Muir-Wood, 2011), com efeitos devastadores em vários pontos da costa portuguesa (Gaspar de Freitas e Dias, 2013). A incidência espacial deste evento de inundação abarca todo o sistema estuarino desde Cascais a Vila Franca de Xira, tendo resultado como perdas humanas 28 mortos, 14 feridos, 125 evacuados e 3 desalojados. As perdas materiais registadas incluem danos em embarcações e estruturas portuárias, casas particulares e estabelecimentos comerciais, e ainda a destruição de sementeiras e perda de gado. A inundação no estuário provocou também a interrupção da circulação marítima, rodoviária e ferroviária. O evento de 27 de fevereiro 2010 resultou da passagem pela costa portuguesa da tempestade Xynthia, que teve o seu maior impacto na costa francesa do Golfo da Biscaia (Bertin *et al.*, 2014). No estuário do Tejo, os efeitos deste evento fizeram-se sentir ao longo das duas margens entre Oeiras e Vila Franca de Xira. Embora não sendo de registar quaisquer perdas humanas, destacam-se elevados danos materiais na frente estuarina, incluindo as infraestruturas do Porto de Lisboa, nomeadamente em muros, passeios e mobiliário urbano. Um dos locais especialmente afetado foi o centro histórico do Seixal, onde a inundação afetou casas particulares e estabelecimentos comerciais, além de provocar a interrupção da circulação em vias públicas. A análise dos fatores forçadores dos níveis de inundação mostrou que durante estes eventos deu-se a conjugação de situações de maré viva e de sobrelevação de origem meteorológica (superior a 0,60 m no evento de 1941 e a 0,50 m em 2010, em Lisboa), e também a ocorrência de vento com intensidade muito elevada (intensidades máximas observadas em Lisboa de 130 km/h em 1941 e 100 km/h em 2010). Os dados disponíveis evidenciam que o evento de 2010 foi precedido por níveis hidrométricos muito elevados no rio Tejo. A monitorização à escala local mostrou que na frente estuarina do Seixal, e na ausência de condições de sobrelevação meteorológica, o processo de inundação é forçado sobretudo por níveis de maré elevados conjugados com a ação do vento local. Nestas situações, a inundação ocorre por galgamento direto das margens e/ou através da entrada de água no sistema de drenagem e seu retorno pelos sumidouros. Neste caso, a área inundada é superior quando da ocorrência de precipitação intensa.

5. Conclusões

Os resultados obtidos permitiram melhorar a compreensão dos fatores que concorrem para o processo de inundação das margens estuarinas do Tejo, e demonstrar a importância de avaliar a perigosidade a diferentes escalas espaciais e temporais. Eventos históricos e monitorização no terreno fornecem informação relevante para a melhor adequação e validação das ferramentas de previsão, no sentido do cumprimento dos objetivos da diretiva europeia relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações.

6. Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Projeto MOLINES (PTDC/AAG-MAA/2811/2012), financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia. Os autores agradecem a disponibilização de informação ao projeto DISASTER (PTDC/CS-GEO/103231/2008), à Administração do Porto de Lisboa, Instituto Português do Mar e da Atmosfera, Câmara Municipal do Seixal e União das Freguesias de Seixal, Arrentela e Aldeia de Paio Pires, e, ainda, a estas duas últimas instituições pelo apoio prestado na realização das campanhas de monitorização. Agradecimentos são também devidos ao técnico Luís Simões Pedro pelo apoio no trabalho de campo.

7. Referências Bibliográficas

- Bertin, X., Li, K., Roland, A., Zhang, Y., Breilh, J.F., Chaumillon, E., 2014. A modeling-based analysis of the flooding associated with Xynthia, central Bay of Biscay. *Coastal Engineering*, 94: 80-89.
- EU/EXIMAP, 2007. *Handbook on good practices for flood mapping in Europe*. European exchange circle on flood mapping, The Netherlands, 57 p.
- Fortunato, A.B., Oliveira, A., Baptista, A.M., 1999. On the Effect of Tidal Flats on the Hydrodynamics of the Tagus Estuary. *Oceanologic Acta*, 22/1, 31-44.
- Freire, P. e Andrade, C., 1999. Wind-induced sand transport in Tagus estuarine beaches. First results. *Aquatic Ecology*, 33(3), 225-233.
- Gaspar de Freitas, J. e Dias, J.A., 2013. 1941 windstorm effects on the Portuguese Coast. What lessons for the future? *Journal of Coastal Research*, SI65: 714-719.
- INE, 2012. *Census 2011- Resultados definitivos – Região de Lisboa*. Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, Portugal, 320 p.
- Muir-Wood, R., 2011. The 1941 February 15th Windstorm in the Iberian Peninsula. *Trébol*, 56: 4-13.