

## **INUNDAÇÕES DAS MARGENS DO TRECHO REGULARIZADO DO RIO MONDEGO**

*Elsa Alves<sup>a\*</sup>, Lourenço Mendes<sup>a</sup>*

<sup>a</sup>Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, Lisboa, Portugal

### **RESUMO**

Os campos marginais do trecho regularizado do rio Mondego a jusante do Açude-Ponte de Coimbra têm sido sujeitos a inundações cuja extensão importa caracterizar. Estas inundações resultam do funcionamento do sistema de inundação controlada dos campos, mas também podem resultar de situações de galgamento e rotura dos diques de proteção existentes no trecho regularizado, como aconteceu nos eventos de cheia de 2001. No âmbito da aplicação da diretiva de avaliação e gestão dos riscos de inundações (DAGRI) foram elaborados mapas de inundação na zona de Coimbra e no estuário do Mondego, que não incluíram o trecho regularizado do rio Mondego a jusante do Açude-Ponte de Coimbra. Este trabalho vem complementar a informação produzida no âmbito DAGRI, através da determinação da extensão das inundações nos campos marginais do Baixo Mondego, com base em simulações numéricas do funcionamento do sistema de inundação controlada do trecho regularizado do rio Mondego.

**Palavras Chave** – modelação de cheias fluviais, rio Mondego, leito regularizado, diques de proteção, estruturas de descarga.

---

\* *Autor para correspondência. Corresponding author.*  
E-mail: ealves@lnec.pt (Doutora)

## 1 INTRODUÇÃO

No âmbito da aplicação da diretiva de avaliação e gestão dos riscos de inundações (2007/60/CE), a zona de Coimbra (a montante do Açude-Ponte) e o estuário do Mondego foram identificados como zonas críticas onde existem riscos significativos de cheias fluviais, tendo sido elaborados os respetivos mapas de inundação (APA, 2014).

As obras de regularização do leito central do rio Mondego a jusante do Açude-Ponte de Coimbra, efetuadas na década de 1980, incluíram a construção de diques longitudinais em ambas as margens para proteger os campos marginais das inundações frequentes. Para evitar o galgamento dos diques em situações de ocorrência de caudais elevados, existem quatro estruturas de descarga ao longo do leito central que constituem o sistema de inundação controlada dos campos (Lencastre, 2004).

Os eventos de cheia ocorridos em 2001, que originaram o galgamento e a rotura dos diques de proteção do trecho regularizado do rio Mondego a jusante do Açude-Ponte de Coimbra e a inundação prolongada dos campos marginais, reforçam a necessidade de simular as condições de escoamento no trecho regularizado e o desenvolvimento de mapas de inundação dos campos do Baixo Mondego. Esta análise é fundamental não só para a gestão de situações de inundações como para complementar a informação produzida no âmbito da diretiva de avaliação e gestão dos riscos de inundações.

Este trabalho visa avaliar a extensão das inundações nos campos do Baixo Mondego, com base em simulações com um modelo bidimensional do sistema de inundação controlada do trecho regularizado do rio Mondego. O trecho do rio Mondego em estudo (Figura 1) tem cerca de 44,7 km de extensão, estando compreendido entre a confluência do rio Ceira e o limite de propagação da maré a jusante.

## 2 DADOS

O modelo digital do terreno (Figura 1) cobre um domínio com 220 km<sup>2</sup> e foi construído com base em levantamentos topo-hidrográficos disponibilizados por diferentes entidades, designadamente: i) levantamento do leito do rio Mondego desde a foz até ao Açude-Ponte de Coimbra; ii) levantamento hidrográfico da albufeira do Açude-Ponte; iii) a topografia de Coimbra; e, iv) Carta Militar M888. Este modelo incorpora informação detalhada relativa às estruturas existentes (açudes, soleiras, esporões, diques).

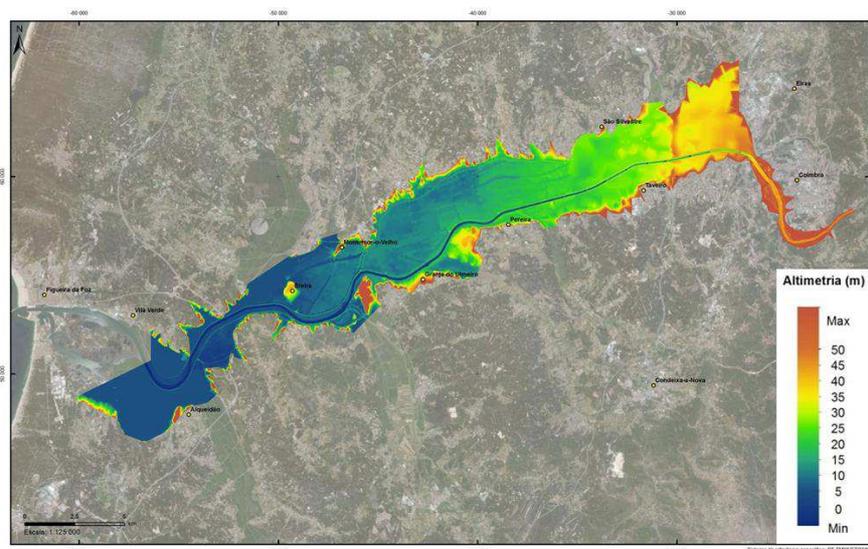


Figura 1. Modelo digital do terreno do domínio em estudo

A caracterização da ocupação das margens do Mondego baseou-se na Carta de Ocupação do Solo (COS'90) do Instituto Geográfico Português, à escala 1:25 000, datada de 1990, e nas imagens aéreas da BING-Microsoft datadas de 2009.

Os caudais afluentes ao limite de montante do trecho do rio Mondego em estudo foram caracterizados com base nos caudais registados no Açude-Ponte de Coimbra. Em relação aos afluentes do rio Mondego a jusante da confluência com o rio Ceira, os caudais de cheia foram extraídos do Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas do Mondego, Vouga e Lis (PGBH, 2012), uma vez que não existe informação hidrométrica disponível.

### **3 MODELOS**

As inundações nas margens do rio Mondego foram simuladas com o modelo bidimensional CCHE2D, desenvolvido no National Center for Computational Hydroscience and Engineering, Universidade do Mississippi, EUA (Jia e Wang 2001). O modelo CCHE2D foi utilizado em conjunto com o programa ARCGIS que permitiu a preparação dos dados topo-hidrográficos e de rugosidade e a produção de mapas com os resultados da modelação.

A inexistência de registos de valores de níveis e caudais no trecho regularizado do rio Mondego inviabilizou a calibração dos coeficientes de rugosidade dos modelos. Atendendo aos limites da informação de base, efetuaram-se várias hipóteses de trabalho quanto aos coeficientes de rugosidade e efetuou-se uma análise de sensibilidade dos resultados a variações dos coeficientes de rugosidade e dos níveis de maré a jusante (Alves e Mendes, 2012, 2014).

### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O leito regularizado do rio Mondego foi dimensionado para o caudal em Coimbra de 1200 m<sup>3</sup>/s. Como foi referido anteriormente, para evitar o galgamento dos diques de proteção em situações de ocorrência de caudais superiores, existem quatro estruturas de descarga ao longo do leito, que constituem o sistema de inundação controlada dos campos. Estas estruturas são constituídas por um dique fusível e três descarregadores em sifão a jusante deste. As descargas são iniciadas de jusante para montante, diretamente para a margem direita. O funcionamento pleno das quatro estruturas permite a descarga de um caudal total de 760 m<sup>3</sup>/s.

Na Figura 2 apresenta-se o mapa com a extensão e profundidade máximas da inundação em resultado da simulação do funcionamento pleno das quatro estruturas de descarga, num cenário que se inicia com a ocorrência do caudal de 2000 m<sup>3</sup>/s no Açude-Ponte de Coimbra. Neste cenário foi simulado um período total de quatro dias, sendo que o sistema de inundação controlada funciona em pleno ao longo de um dia, cessando depois. As estruturas entram em funcionamento com um desfasamento de 2 horas. Após as descargas, o caudal em Coimbra, inicialmente igual a 2000 m<sup>3</sup>/s, diminui progressivamente até 1200 m<sup>3</sup>/s, valor que se mantém até à foz. Nos restantes três dias de simulação, o caudal no rio Mondego decresce de 1200 m<sup>3</sup>/s para 800 m<sup>3</sup>/s. Na Figura 3 apresenta-se a progressão da inundação ao fim de 4 horas após o início das descargas (apenas duas estruturas estão a descarregar) e ao fim de 12 horas com o funcionamento pleno das estruturas.

Neste cenário constata-se a inundação generalizada da margem direita do vale do Mondego. As profundidades do escoamento tendem a ser progressivamente maiores à medida que se progride para jusante no vale do rio Mondego, em resultado da concentração do escoamento na zona da confluência com o rio Foja, dando origem à inundação prolongada da margem nessa zona. A progressão da inundação é relativamente rápida à medida que as estruturas de descarga entram em funcionamento. Após terminar o funcionamento destas estruturas, as velocidades do escoamento na margem direita reduzem-se substancialmente.

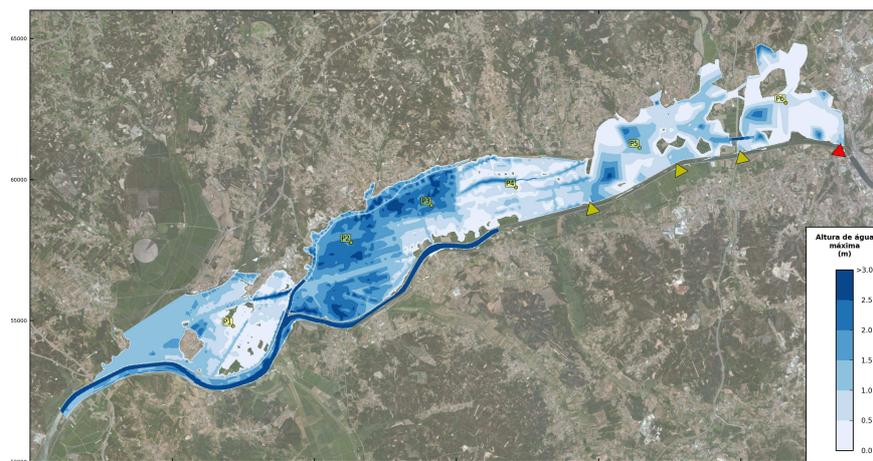


Figura 2. Extensão e profundidade máxima da inundação na margem direita do leito regularizado do rio Mondego



Figura 3. Progressão da inundação com a entrada em funcionamento das estruturas de descarga

## AGRADECIMENTOS

O estudo foi financiado pela Administração de Região Hidrográfica do Centro através do programa QREN, Mais Centro – Programa Operacional Regional do Centro e União Europeia / Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional.

## REFERÊNCIAS

- Alves, E., Mendes, L. S. (2012). *Estudo das inundações do rio Mondego a jusante da confluência do rio Ceira*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Relatório 333/2012 – NRE.
- Alves, E., Mendes, L. S. (2014). Modelação da inundação fluvial do Baixo Mondego. *Revista Recursos Hídricos* 35 (2) 41-54. Doi 10.5894/rh35n2-4.
- APA (2014). *Elaboração de cartografia específica sobre o risco de inundação para Portugal Continental*. Relatório Final. Agência Portuguesa do Ambiente.
- Jia, Y. e Wang, S. (2001). *CCHE2D: Two-dimensional Hydrodynamic and Sediment Transport Model for Unsteady Open Channel Flows Over Loose Bed*. National Center for Computational Hydroscience and Engineering - School of Engineering - The University of Mississippi.
- Lencastre, A. (2004). *Hidráulica Fluvial e Agrícola. Memórias Técnicas*. Volume III. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- PGBH (2012). *Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas dos rios Vouga, Mondego e Lis, Integrados na Região Hidrográfica 4*. Consórcio AquaplanCentro.