

## PRÓTOTIPO DO TO-SEALERT PARA O PORTO DA ERICEIRA

Ana Catarina ZÓZIMO<sup>1</sup>, Conceição J.E.M. FORTES<sup>1</sup>, Maria Teresa REIS<sup>1</sup>, Liliana V. PINHEIRO<sup>1</sup>,  
Nathan SMITHERS<sup>2</sup>, Vera SERRAZINA<sup>1</sup>

1. Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, [acozimo@lnec.pt](mailto:acozimo@lnec.pt),  
[jfortes@lnec.pt](mailto:jfortes@lnec.pt), [treis@lnec.pt](mailto:treis@lnec.pt), [lpinheiro@lnec.pt](mailto:lpinheiro@lnec.pt), [vserrazina@lnec.pt](mailto:vserrazina@lnec.pt)

2. University of Saxon, M. H. Tromplaan 28, 7513 AB Enschede, Países Baixos, [nathan\\_smithers@hotmail.com](mailto:nathan_smithers@hotmail.com)

### RESUMO

O projeto de investigação e desenvolvimento To-SEAlert financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia e envolvendo o LNEC, a FCiências.ID, a NOVA.ID.FCT e o ISEL tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de previsão, alerta, planeamento de emergência e gestão de risco de galgamentos e inundações em zonas costeiras e portuárias, com base no sistema HIDRALERTA. Partindo das características da agitação marítima ao largo e utilizando modelos numéricos para a propagação e deformação da agitação marítima, o sistema HIDRALERTA estima os parâmetros relevantes da agitação marítima para a avaliação do galgamento e da inundação bem como o risco associado a esses eventos. As funcionalidades que se pretendem melhorar no âmbito do projeto To-SEAlert dizem respeito às metodologias de previsão do galgamento e da delimitação da zona inundada, bem como no apoio à resposta a situações de emergência envolvendo fenómenos de galgamento. A implementação e a validação do protótipo do To-SEAlert estão a ser efetuadas para a zona costeira da Costa da Caparica e para o porto da Ericeira.

Esta comunicação apresenta o trabalho desenvolvido até à data na construção e desenvolvimento do protótipo do To-SEAlert para o porto da Ericeira.

**Palavras-Chave:** Ericeira; To-SEAlert; HIDRALERTA; galgamento; previsão e alerta; emergência

### 1. INTRODUÇÃO

Devido à grande frequência de tempestades com grande energia na costa portuguesa que põem em perigo populações e infraestruturas portuárias/costeiras, é fundamental que as autoridades responsáveis estejam dotadas de ferramentas para a gestão dos perigos e riscos associados a estes fenómenos.

O HIDRALERTA (Sabino *et al.*, 2018, Poseiro, 2019) é um sistema que considera o galgamento de estruturas marítimas e a inundação associada, quer em zonas costeiras, quer em zonas portuárias. Este sistema fornece atualmente previsões, com 72 horas de antecipação, das características da agitação marítima, bem como dos níveis de risco, para os portos da Praia da Vitória, de São Roque do Pico e da Madalena do Pico. Partindo do sistema HIDRALERTA, o objetivo do projeto To-SEAlert consiste no desenvolvimento, implementação, e validação, num sistema WebGIS, de um conjunto de ferramentas e metodologias para previsão do galgamento e inundação em zonas portuárias e costeiras. Este projeto tem como finalidade principal ajudar as autoridades responsáveis na monitorização, prevenção e gestão de situações de emergência.

Para alcançar os objetivos propostos para o projeto To-SEAlert, estão previstas sete tarefas, que abrangem i) a validação dos modelos numéricos de modelação das inundações costeiras a partir de imagens de satélite (Tarefa 1), a partir de resultados de vídeo-monitorização (Tarefa 2) e a partir de resultados de ensaios em modelo físico (Tarefa 3), ii) a implementação e validação de procedimentos para simulação de galgamento e inundação em zonas costeiras e portuárias; iii) a implementação de metodologias quantitativas para avaliação da exposição, vulnerabilidade, consequências e risco dos galgamentos oceânicos e consequentes inundações em termos de custos para infraestruturas estratégicas (Tarefa 5), iv) o desenvolvimento de sistema de informação geográfica que inclui toda a informação das tarefas anteriores (Tarefa 6) e v) a implementação e validação do protótipo do To-SEAlert na zona costeira da Costa de Caparica e no porto da Ericeira (Tarefa 7).

O trabalho apresentado na presente comunicação enquadra-se no ponto v), nomeadamente na implementação e validação do protótipo do To-SEAlert para o porto da Ericeira. Este protótipo baseia-se, nesta primeira fase, na

metodologia implementada no sistema HIDRALERTA, embora no futuro serão implementadas as novas ferramentas e metodologias à medida que as mesmas sejam desenvolvidas no âmbito do projeto TO-SEAlert.

## 2. O SISTEMA HIDRALERTA

O sistema está implementado numa plataforma web e é constituído por quatro módulos: I - Características da Agitação Marítima; II – Galgamento / Inundação; III - Avaliação do Risco; e IV - Sistema de Alerta (Fig. 1).

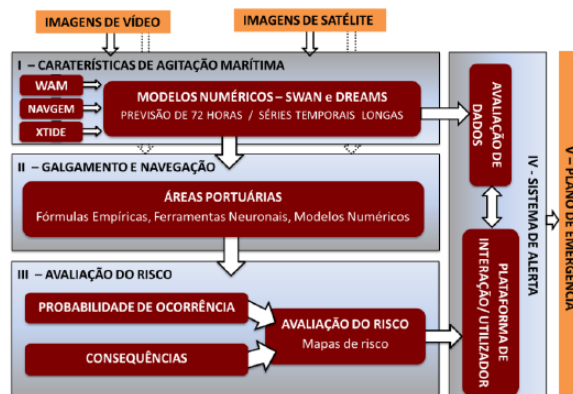


Fig. 1. Metodologia do sistema HIDRALERTA

No módulo I, são obtidas as previsões disponibilizadas pelo European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) da agitação marítima ao largo da zona de estudo e do campo de ventos. O nível do mar é definido a partir da previsão de maré astronómica do modelo XTIDE (Flatter, 1998). As condições de agitação são depois transferidas para a zona costeira, com recurso ao modelo de propagação de ondas SWAN (Booij *et al.*, 1999). Para as zonas onde tenha de ser considerada a reflexão de estruturas marítimas (como nas zonas portuárias) é utilizado o modelo DREAMS (Fortes, 2002) com as condições de fronteira fornecidas pelo SWAN.

O módulo II utiliza a ferramenta neuronal NN\_OVERTOPPING2 (Coeveld *et al.*, 2005) para determinar o caudal médio galgado sobre estruturas marítimas da zona de estudo. Os dados de entrada de agitação são os estimados com o módulo I. O módulo III é responsável pela avaliação do risco de galgamento (ou inundação).

O módulo IV permite a previsão, em tempo real, das situações de emergência para uma determinada área de interesse e o envio automático, por correio electrónico, de mensagens de alerta para as autoridades responsáveis. Este módulo cria e disponibiliza todos os resultados do sistema através de uma plataforma web (aurora.lnec.pt): previsões a 3 dias e resultados obtidos nos módulos I, II e III. A plataforma web contém um conjunto de funcionalidades, das quais se destacam os mapas de alerta, que assinalam os elementos/atividades que se podem encontrar em perigo.

O sistema foi desenvolvido em Python para uma Framework que se pretende que seja genérica, de modo a permitir a sua utilização para diferentes casos de estudo e aplicações. Um dos pontos que se pretende melhorar com o projeto TO-SEAlert é a flexibilidade do sistema na aplicação a diferentes casos de estudo.

## 3. PROTÓTIPO DO TO-SEALERT PARA O PORTO DA ERICEIRA

### 3.1. Metodologia

O protótipo para o porto da Ericeira está a ser construído a partir dos protótipos que se encontram já em funcionamento para os portos da Praia da Vitória, de São Roque do Pico e da Madalena do Pico. Para a implementação do protótipo para o porto da Ericeira, foi necessário proceder à recolha de informação sobre o porto (projeto do porto, tipo de estruturas e seu material constituinte), à adaptação dos modelos de caracterização da agitação marítima ao porto da Ericeira (definição e construção de malhas, recolha de informação batimétrica), à identificação dos equipamentos e usos que poderão estar em perigo em caso de galgamento e adaptação da arquitetura do sistema HIDRALERTA para o seu funcionamento no porto da Ericeira.

## 3.2. Porto da Ericeira

O porto da Ericeira (Fig. 3) está localizado na costa oeste de Portugal continental, a cerca de 30 km a norte de Lisboa. O porto da Ericeira encontra-se protegido por um molhe-cais com 435 m de comprimento, constituído por um prisma de TOT, sobre o qual assenta um submanto constituído por duas camadas de enrocamento de 20-40 kN. O manto resistente é constituído por duas camadas de tetrápodos de 300 kN e a cabeça é constituída por cubos antifer de 550 kN. A seguir ao troço em curva, no tardoz, existe um cais acostável. No âmbito do projeto To-SEAlert são estudados os galgamentos no molhe-cais, e em particular no cais acostável (Fig. 3).

## 3.3. Previsão da agitação e dos galgamentos

Foram obtidos dez anos de dados (desde janeiro de 2009 até dezembro de 2018) disponibilizados pelo ECMWF da agitação marítima ao largo da zona de estudo e do campo de ventos para definir as características da agitação junto à costa, tanto para o teste e validação do protótipo, como para a caracterização do regime de agitação marítima na envolvente do porto da Ericeira. O nível do mar foi determinado a partir da previsão de maré astronómica do modelo XTIDE. De forma a efetuar a propagação desde o largo até à costa, foram utilizadas três malhas encaixadas (Fig. 3) para o modelo SWAN (Main, Nested e Nested1) e uma malha local para o modelo DREAMS. Para a propagação da agitação desde a costa até ao interior do porto da Ericeira foram utilizados os resultados do modelo SWAN no ponto P4 (Fig. 3) e para a definição das condições de agitação para os ensaios em modelo físico foram utilizados os resultados no ponto P8. A estimativa dos galgamentos foi efetuada em quatro pontos, N1 a N4 (Fig. 3), cujas condições de agitação foram definidas com o modelo DREAMS.

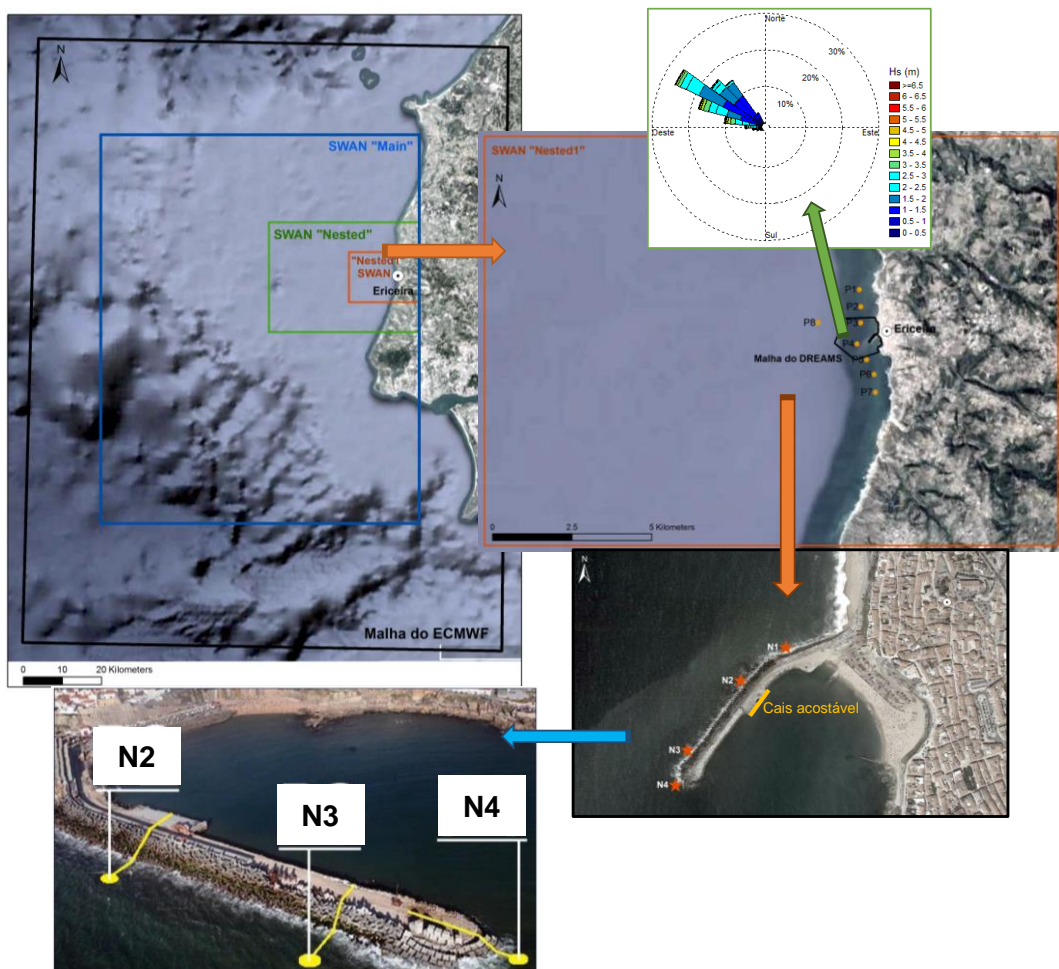


Fig. 3. Malha do ECMWF, domínios computacionais do SWAN (Main, Nested e Nested1) e do DREAMS, pontos de extração dos resultados do SWAN (P1 a P8) e pontos para a estimativa dos galgamentos (N1 a N4)

Até à data, foi efetuada a propagação dos dados de agitação desde o largo até à costa com o modelo SWAN, considerando o regime de ventos, tendo sido definido o regime de agitação nos pontos P1 a P8 apresentados na Fig. 3. Foram também efetuados cálculos preliminares com o modelo DREAMS, assim como uma estimativa inicial dos galgamentos nos quatro pontos referidos (Smithers, 2019). Está em curso a validação dos cálculos preliminares com o modelo DREAMS e das estimativas de galgamentos, assim como a operacionalização do protótipo para o porto da Ericeira.

## AGRADECIMENTOS

Agradece-se aos projetos To-SEAlert - Wave overtopping and flooding in coastal and port areas: Tools for an early warning, emergency planning and risk management system, Ref. PTDC/EAM-OCE/31207/2017 e BSAFE4SEA - Breakwaters SAFETY control through a FOREcast and decision support SystEm Analysis, Ref. PTDC/ECI-EGC/31090/2017.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Booij, N, Ris, RC & Holthuijsen, LH (1999). A third-generation wave model for coastal regions, Part I, Model description and validation. *J. Geographical Res.*, C4, 104, 7649-7666.
- Coeveld, EM; van Gent, MRA. & Pozueta, B (2005). *Neural Network: Manual NN\_OVERTOPPING2*. CLASH WP8 – Report BV.
- Flater, D (1998). *XTide Manual: Harmonic Tide Clock and Tide Predictor*. Technical Report, USA, <https://flaterco.com/xtide/>.
- Fortes, CJEM (2002). *Transformações Não Lineares de Ondas em Zonas Portuárias. Análise pelo Método dos Elementos Finitos*. PhD Thesis, IST-UL.
- Poseiro, P (2019). *Forecast and Early Warning System for Wave Overtopping and Flooding in Coastal and Port Areas: Development of a Model and Risk Assessment*. PhD Thesis. IST-UL.
- Sabino A, Poseiro P, Rodrigues A, Reis MT, Fortes CJEM, Reis R, Araújo J (2018) Coastal Risk Forecast System. *Journal of Geographical Systems*, 20(2): 159-184.
- Smithers, N (2019) Wave overtopping and flooding in coastal and port areas: the test cases of São Roque do Pico, Quarteira, Faro and Ericeira. Rel. To-SEAlert 07/2019, 246 pp.