



## SISTEMA DE PREVISÃO, ALERTA E GESTÃO DE RISCO DE GALGAMENTOS NOS PORTOS DE PRAIA DA VITÓRIA, S. ROQUE DO PICO E MADALENA DO PICO, AÇORES

Conceição FORTES<sup>1</sup>, Maria Teresa REIS<sup>1</sup>, Liliana PINHEIRO<sup>1</sup>, Ana MENDONÇA<sup>1</sup>, Pedro POSEIRO<sup>2,1</sup>, João Barateiro<sup>1</sup>, Vera Serrazina<sup>1</sup>, Marília SALVADOR<sup>3</sup>, Francisco V. REIS<sup>4</sup>, Eduardo B. AZEVEDO<sup>4,5</sup>

1. Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, [jfortes@lnec.pt](mailto:jfortes@lnec.pt), [treis@lnec.pt](mailto:treis@lnec.pt), [lpinheiro@lnec.pt](mailto:lpinheiro@lnec.pt), [amendonca@lnec.pt](mailto:amendonca@lnec.pt), [pposeiro@lnec.pt](mailto:pposeiro@lnec.pt),
2. Fundação Gaspar Frutuoso, Univ. dos Açores, Campus de Ponta Delgada, 9500 321 Ponta Delgada, S. Miguel - Açores.
3. Portos dos Açores, SA – Av. Gago Coutinho e Sacadura Cabral, nº7- 9900-062 Horta ([msalvador@portosdosacores.pt](mailto:msalvador@portosdosacores.pt))
4. Observatório do Ambiente dos Açores, 9700-030 Angra do Heroísmo, Terceira, Açores ([vieirareis.f@gmail.com](mailto:vieirareis.f@gmail.com))
5. IITAA – Uni. dos Açores, R. Capitão João D'Ávila – S. Pedro- 9700-042- Angra do Heroísmo, Açores ([eduardo.mv.azevedo@uac.pt](mailto:eduardo.mv.azevedo@uac.pt))

### RESUMO

Neste artigo descreve-se o trabalho desenvolvido, até ao presente na construção, desenvolvimento e implementação dos 2 novos protótipos do sistema HIDRALERTA para os portos da Madalena do Pico e de S. Roque do Pico, ambos na Ilha do Pico, Açores. Este sistema permite a previsão e alerta de situações de emergência relacionadas com agitação marítima, galgamentos, inundações.

**Palavras-Chave:** sistema de previsão e alerta, galgamentos, zonas portuárias, estruturas marítimas, Porto de S. Roque do Pico, Porto da Madalena do Pico, Porto da Praia da Vitória.

### 1. INTRODUÇÃO

Encontra-se, atualmente, em curso o projeto ECOMAPORT, Programa Operacional INTERREG MAC 2014-2020, que visa o desenvolvimento e aplicação de dois novos protótipos de um sistema de previsão, alerta e gestão de riscos causados pela agitação marítima nos portos de Madalena do Pico e S. Roque do Pico, ambos na Ilha do Pico, Açores. Os protótipos pretendem avaliar e prever, com periodicidade, o risco de galgamento costeiro e consequente inundação e o risco para a navegação, nomeadamente no que respeita a segurança de navios, ambos causados pela agitação marítima.

Adicionalmente, pretende-se garantir a funcionalidade e operacionalidade do protótipo do sistema HIDRALERTA (Poseiro, 2019) atualmente implementado no porto da Praia da Vitória, na Ilha Terceira, Açores, e implementar neste uma nova vertente respeitante ao risco para a navegação.

A ideia base do sistema é a utilização de previsões de agitação marítima e de níveis de maré para a determinação dos seus efeitos em zonas portuárias específicas em termos de valores de caudal médio galgado, recorrendo a modelos numéricos e redes neuronais artificiais. A comparação destes valores com valores máximos pré-estabelecidos permite:

- a avaliação, em tempo útil, de situações de emergência e a emissão de alertas às entidades competentes sempre que se preveja estar em causa a segurança de pessoas, bens ou atividades socio-económicas em curso;
- a construção de mapas de risco, considerando séries temporais longas de previsões da agitação marítima/níveis de maré ou cenários pré-definidos associados às mudanças climáticas e/ou eventos extremos.

Os novos protótipos baseiam-se na metodologia já desenvolvida para o porto da Praia da Vitória, onde se encontra em funcionamento, desde 2015, o primeiro protótipo do sistema HIDRALERTA. Nesta comunicação descreve-se, essencialmente, o trabalho desenvolvido até à data no sistema, relativo ao fenómeno do galgamentos, e a sua aplicação aos portos de S. Roque do Pico e Madalena do Pico, apresentando as

# 14. SILUSBA

características específicas associadas a estes locais e os resultados preliminares obtidos pelo sistema para o caso do galgamento.

## 2. O SISTEMA HIDRALERTA

O sistema encontra-se 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.

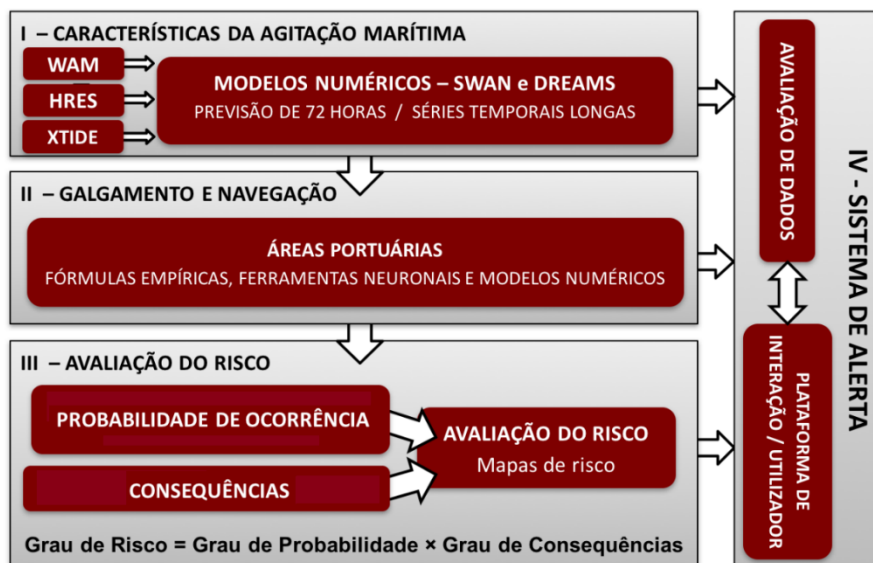


Figura 1 – Esuema do HIDRALERTA

O módulo I considera as previsões disponibilizadas pelo Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Center (ECMWF) da agitação marítima ao largo da zona de estudo, através do modelo WAM, e do campo de ventos e da pressão atmosférica, através do modelo HRES. O nível do mar é determinado a partir da previsão de maré astronómica dada pelo modelo XTide e da sobrelevação meteorológica com base na pressão atmosférica. As condições de agitação são depois transferidas, pelo forçamento da agitação marítima ao largo e do campo de ventos, para a zona de estudo e/ou para o interior do porto, com recurso aos modelos de propagação de ondas SWAN e DREAMS, respetivamente.

Com as previsões das condições de agitação marítima na zona de estudo, o módulo II utiliza a ferramenta neuronal NN\_OVERTOPPING2 (ou fórmulas empíricas) para determinar o espriamento e/ou o caudal médio galgado (ou a zona inundada) sobre estruturas marítimas da zona de estudo ou sobre zonas arenosas (praias) ou rochosas. A extensão do galgamento é determinada através de um método expedito que calcula a redução do galgamento em função da distância à estrutura galgada. Para a vertente da navegação, i.e., para a determinação do movimento do navio amarrado num posto de acostagem sujeito à agitação incidente, o modulo II utiliza o pacote numérico SWAMS - *Simulation of Wave Action on Moored Ships*.

O módulo III efetua a avaliação do risco de galgamento (ou inundação) e do risco de naegação . Para o caso do galgamento, utiliza-se duas metodologias. Na primeira, determina-se o grau de risco (avaliação qualitativa), que resulta do produto de uma escala de grau de probabilidade de ocorrência de galgamento/inundação acima de um certo limiar pré-estabelecido por uma escala de grau de consequências resultantes desse acontecimento. Na segunda, utiliza-se um método de análise multicritério e sistemas de informação geográfica (SIG). Esta metodologia considera um conjunto de critérios espaciais, para os quais se definem pesos que são previamente validados e que depois são sobrepostos, com o objetivo de obter mapas de consequências. O mapa de risco é obtido pelo produto dos mapas de consequências e de probabilidade (avaliação quantitativa). No caso da navegação apenas se utiliza a avaliação qualitativa.

O módulo IV permite a previsão, em tempo real, das situações de emergência para uma determinada área de interesse e o envio automático, por e-mail, de mensagens de alerta para as autoridades responsáveis. Este módulo

# 14.º SILUSBA

também cria e disponibiliza todos os resultados do sistema através da plataforma web: previsões a 3 dias, output dos vários modelos numéricos e das ferramentas empíricas (neurónais e/ou fórmulas), mapas de risco e alertas. Neste âmbito foi criada uma plataforma web (aurora.lnec.pt), que permite a visualização e a análise de resultados através de funcionalidades user-friendly, de tal forma que os resultados sejam facilmente legíveis pelo utilizador. Esta plataforma contém um conjunto de funcionalidades que passam pela visualização das previsões obtidas pelo sistema para cada um dos modelos numéricos utilizados, bem como, e principalmente, dos mapas de alerta, que destacam o conjunto de elementos/atividades que se podem encontrar em perigo.

O sistema foi desenvolvido em Python para uma Framework genérica que permite a sua utilização para diferentes casos de estudo e aplicações.

### 3. NOVOS PROTÓTIPOS

Os novos protótipos do sistema HIDRALERTA para o porto da Madalena do Pico e de S. Roque do Pico foram construídos a partir dos protótipo que está em funcionamento no porto da Praia da Vitória, desde 2015, Figura 2.

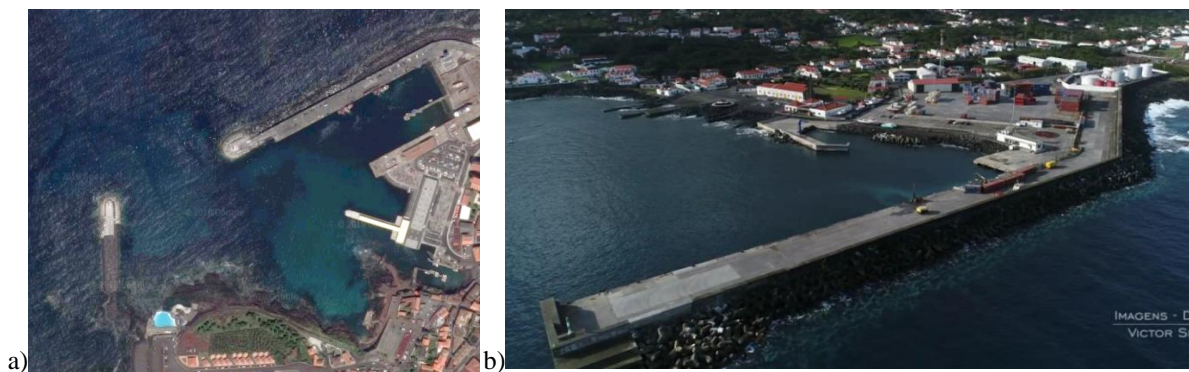


Figura 2 –Sistema HIDRALERTA: a) Porto da Madalena do Pico (Pico); b) Porto de S. Roque do Pico (Pico)

Para esse efeito houve que proceder:

- Recolha de informação sobre o porto da Madalena do Pico e o de S. Roque do Pico;
- Adaptação dos modelos numéricos de caracterização da agitação marítima do sistema HIDRALERTA (módulo I) ao porto em estudo, para obtenção das previsões (a 72 horas) das características da agitação marítima no exterior e interior do mesmo;
- Adaptação das ferramentas e modelos do sistema HIDRALERTA (módulo II) para o cálculo dos galgamentos, inundações e outros efeitos da agitação marítima nos portos. A implementação no sistema HIDRALERTA terminou em junho de 2019;
- Desenvolvimento do módulo de alerta (módulo IV) do sistema HIDRALERTA, e incluiu: a) Adaptação e melhoramento da plataforma online existente para o sistema HIDRALERTA para disponibilização, através de um webSIG, da informação histórica, de previsão e de alerta, que incluiu: a agitação marítima a nível regional e local, identificação das zonas galgadas e estabelecimento dos diferentes níveis de alerta; b) Envio de alertas automáticos às autoridades responsáveis, com base nos limites pré-estabelecidos para o sistema em relação à agitação marítima e galgamentos.

Desde maio 2019, os dois protótipos para os portos da Madalena do Pico e de S. Roque do Pico, encontram-se em funcionamento. Na figura 2 apresentam alguns aspetos dos resultados que podem ser visualizados na página da plataforma web, para os dois portos. Em termos de desenvolvimentos futuros, a implementação da vertente de navegação no sistema para os dois portos e a validação total do sistema são as tarefas a realizar.

### AGRADECIMENTOS

Agradece-se aos projetos ECOMARPORT (MAC/1.1.b/081 – FEDER 2014-2020) e 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, EW-Coast:Early warning for coastal risks induced by storms, Ref. 28657 FEDER. Agradece-se à Portos dos Açores, toda a informação fornecida.

## REFERÊNCIAS

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. Tese de doutoramento. Instituto Superior Tecnico. Universidade de Lisboa. Março

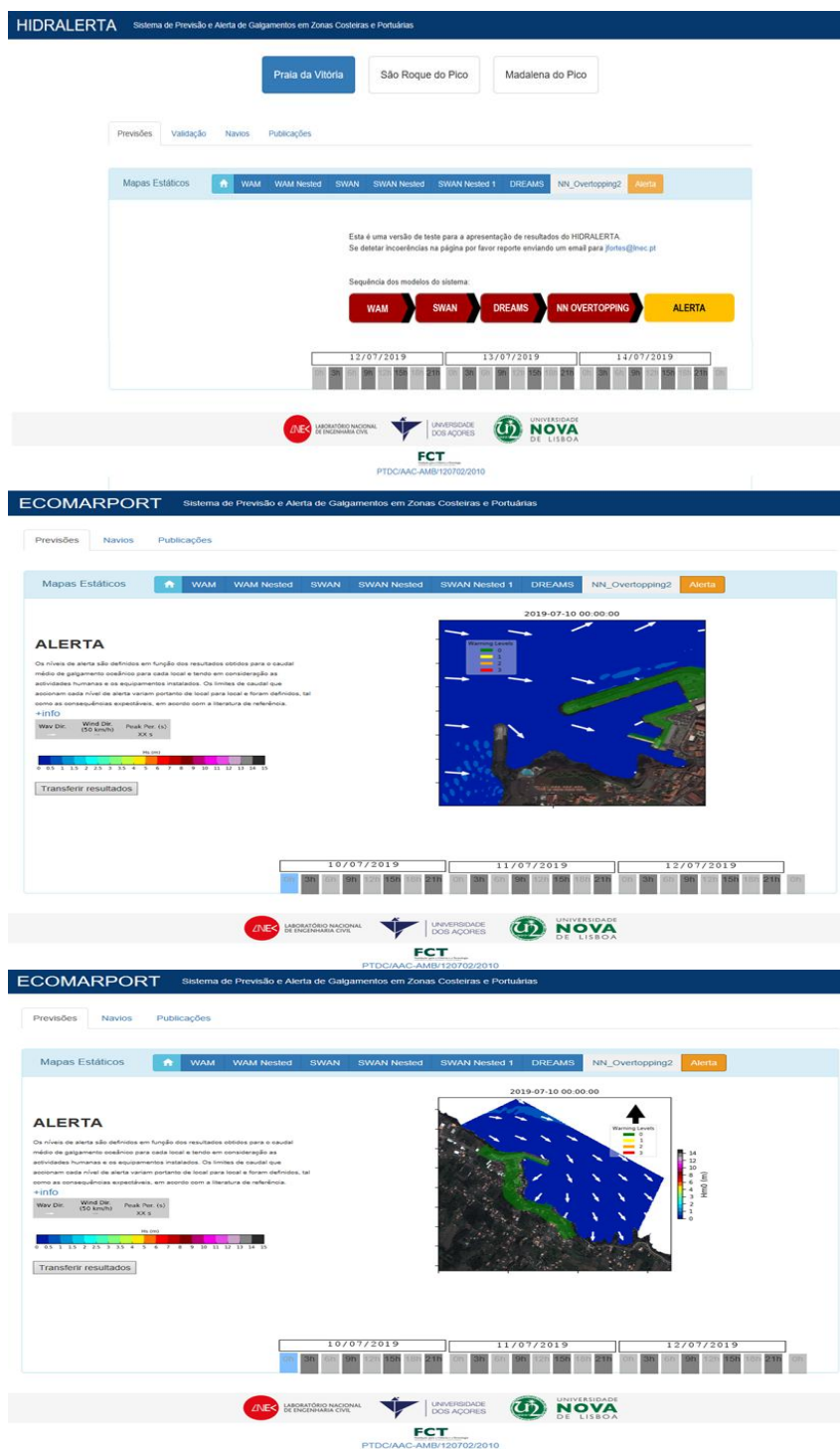


Figura 3 – a) Página inicial da plataforma web; Visualização de alertas: b) Porto da Madalena do Pico – Plataforma web dia 10/07/2019; c) Porto de S. Roque do Pico– Plataforma web dia 10/07/2019