

## USO DE REDES NEURONAIS PARA MELHORIA DAS PREVISÕES DE UM SISTEMA DE ALERTA PARA RISCOS EM PORTOS

Liliana PINHEIRO<sup>1</sup>, Nuno MORGADO<sup>2</sup>, Andreia GOMES<sup>1</sup>, Sérgio LOPES<sup>2</sup>, Nuno LOPES<sup>2</sup>, Ana PRIOR<sup>2</sup>, Juana FORTES<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, {lpinheiro, ahgomes

<sup>2</sup> Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1, 1959-007 Lisboa, {sergio.lopes, nuno.lopes, ana.prior}@isel.pt

### RESUMO

No âmbito do projeto BlueSafePort está a ser desenvolvido um sistema para prever e alertar situações de emergência causadas pela agitação marítima, relacionadas com a navegação em portos, bem como estrangimentos operacionais. A paralisação dos terminais portuários leva a grandes perdas económicas e afeta em grande parte a competitividade geral do porto. Assim, o objetivo deste sistema é reduzir a vulnerabilidade do porto aumentando a sua capacidade de planeamento e resposta eficiente face a situações de emergência.

O primeiro sistema do género foi desenvolvido para três portos açorianos: Praia da Vitória, S. Roque do Pico e Madalena do Pico, Pinheiro *et al.* (2020). Presentemente, está a ser desenvolvido um protótipo desse sistema para o porto de Sines.

O sistema usa as previsões de 72 horas, de parâmetros característicos das ondas e dos ventos ao largo fornecidas pelo ECMWF, juntamente com dados das marés, como entradas para um conjunto de modelos numéricos de propagação de ondas (SWAN e DREAMS, Pinheiro *et al.* (2020)), que fornecem por sua vez estimativas locais em todo o domínio de estudo (Figura 1). Finalmente, a resposta dos navios (em termos de movimentos e forças nas amarrações) a esses forçamentos de onda e vento é calculada usando um modelo de método de painel 3D hidrodinâmico (Korsemeier *et al.* 1988) e um modelo que resolve as equações de movimento (Figura 2).

Os movimentos previstos do navio e as forças no seu sistema de amarração são comparadas com limites predefinidos de segurança. A avaliação da probabilidade de excedência desses valores resulta numa avaliação do grau de risco. Por fim, com base no grau de risco previsto, podem ser antecipadas com 72h, situações de emergência para o navio, bem como para a segurança das operações portuárias e emitidos os alertas adequados às autoridades responsáveis.

Todas as informações fornecidas por este sistema estão disponíveis num site dedicado e aplicativo móvel. Adicionalmente, um boletim de alerta é enviado por correio eletrónico às autoridades responsáveis. Deste modo, os responsáveis portuários beneficiam de uma ferramenta de apoio à decisão para implementar medidas de mitigação em tempo útil de modo a prevenir acidentes e perdas económicas.

Como qualquer sistema de alerta precoce, é fundamental que o sistema seja preciso e confiável. No entanto, todo o sistema baseia-se nas previsões das características das ondas locais que são fornecidas pelos modelos numéricos SWAN e DREAMS, que por

sua vez apresentam limitações, as quais resultam em estimativas que podem não ser suficientemente precisas em todas as situações. Assim, para obter previsões locais mais precisas, foi desenvolvido um novo método, baseado em redes neuronais, de modo a otimizar as previsões produzidas pelo sistema. Neste sentido, utilizando uma base de dados disponível de medições *in situ* de bóias, sensores de pressão e/ou estações meteorológicas, efetuou-se o treino de redes neuronais para otimizar os resultados dos modelos numéricos de propagação das ondas.

Neste trabalho, foram treinadas três Redes Neurais (RN) para avaliar a possibilidade de melhorar a precisão das previsões de altura, período e direção de onda locais. Para o desenvolvimento das RNs, foi utilizada a biblioteca de redes neuronais de código aberto Keras, escrita em Python. Uma RN é composta por uma camada de entrada, várias camadas ocultas e uma camada de saída. Cada camada tem um certo número de nós. Os nós em camadas ocultas são neurónios. Os neurónios são distribuídos em várias camadas ocultas que aplicam diferentes transformações aos dados de entrada. Todos os neurónios em uma camada oculta estão conectados a todos os neurónios na próxima camada. A camada de saída é a última camada na rede e recebe entrada da última camada oculta.

As redes treinadas provaram fornecer estimativas mais precisas para determinadas variáveis, melhorando assim a confiabilidade do sistema de previsão.

**Palavras-Chave:** previsão de agitação marítima, redes neuronais, riscos em portos, navegação

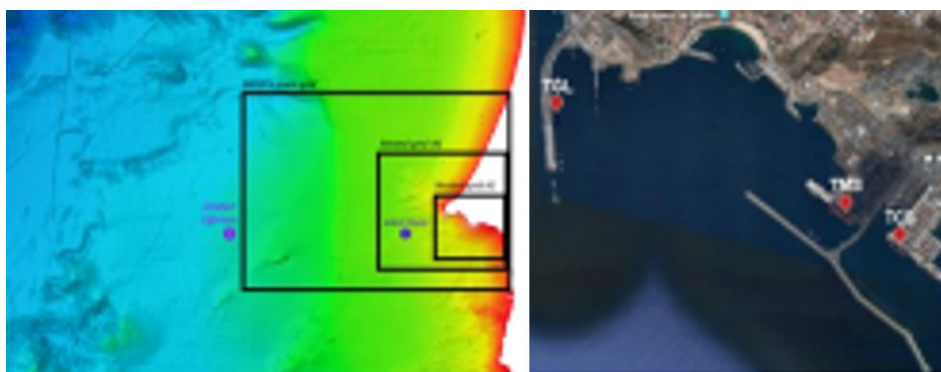


Figura 1 - Porto de Sines. Esquerda: Batimetria da área, domínios computacionais do SWAN e localização da boia. Direita: Localização dos terminais.

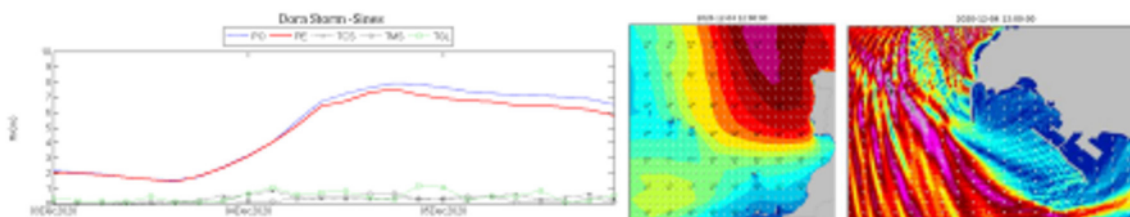


Figura 2 – Previsões de ondas e vento na tempestade Dora (2020). Previsões ECMWF-WAM (à direita). Resultados do DREAMS (à esquerda); Previsões de alturas de onda (à esquerda), ao largo (PO), junto à entrada do porto (PE) e junto aos terminais de contentores (TCS), multifuncional (TMS) e de graneis líquidos (TGL).

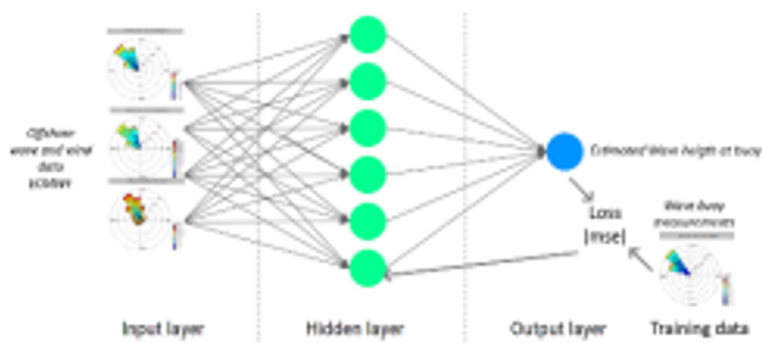


Figura 3 – Estrutura da rede neuronal para estimativa/previsão da altura de onda significativa na boia de Sines.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do projeto “Fundo Azul” BlueSafePort (Ref: FA\_04\_2017\_016) - Sistema de Segurança para Navios de Manobra e Amarrados em Portos e do projeto FCT To-SeAlert: (Ref. PTDC/EAM-OCE/31207/2017).

## REFERÊNCIAS

Pinheiro, Fortes, Reis, Santos, Guedes-Soares (2020): Risk Forecast System for Moored Ships. Coastal Engineering Proceedings, (36v), management.37. <https://doi.org/10.9753/icce.v36v.management.37> Korsemeier, Lee, Newman, Sclavounos (1988): The analysis of wave effects on tension-leg platforms, 7th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, Houston, Texas, pp. 1-14.