



DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE PREVISÃO DA AGITAÇÃO MARÍTIMA E GALGAMENTOS OCEÂNICOS

Alexandre M. Fundinho; Paulo A. Silva
CESAM & Departamento de Física, Universidade de Aveiro
amfundinho57@ua.pt, psilva@ua.pt

Resumo

A faixa costeira da região de Aveiro é caracterizada por forte erosão. Condições de agitação marítima adversas podem comprometer o cordão dunar e provocar galgamentos oceânicos sobre as povoações fixadas no litoral. Para permitir uma resposta apropriada a tais eventos, foi desenvolvido um sistema de alerta a partir do output do modelo WAVEWATCH III (WW3) capaz de determinar o espraio das ondas para alguns perfis de praia localizados nas praias da Costa Nova, Vagueira e Mira. Este sistema gera, diariamente, séries temporais do nível máximo da água para os seguintes 7,5 dias a partir da altura significativa e do período das ondas prevista pelo WW3 e da elevação da maré astronómica. Os resultados são comparados com a altura da base e da crista da duna, para cada perfil de praia. As previsões do WW3 são validadas através da comparação com os parâmetros de ondulação observados em 4 boias oceânicas: Leixões, Nazaré, Sines e Faro. Os resultados da validação são maioritariamente satisfatórios, sobretudo para as boias da Nazaré, Sines e Faro, com coeficientes de correlação de 0,939, 0,941 e 0,809. Para a boia de Leixões, nada se pode concluir quanto à qualidade da previsão, devido à curta amostragem. O sistema de previsão desenvolvido revelou-se eficaz e pode ser aplicado a qualquer perfil de praia dentro da zona de cobertura do WW3, com os devidos ajustes.

1. Introdução

A região de Aveiro tem sido afetada por uma tendência erosiva e recuo do litoral. Este recuo tem origem numa escassez de sedimento fornecido, impulsionada pela atividade humana e aumento da frequência de tempestades (Maia et al., 2015). Como resposta a esta escassez de sedimento, o Grupo de Trabalho para os Sedimentos determinou que o setor Praia da Barra – Mira da subcélula sedimentar 1b era prioritário para realimentação sedimentar (Andrade et al., 2015). Nesta subcélula, Ponte Lira et al. (2016) estimou uma tendência de recuo da linha de costa de $0,91 \pm 0,01$ m/ano e um recuo máximo de $7,38 \pm 0,2$ m/ano no setor Praia da Barra – Mira. Desde 1950 a 2010, estimou-se um recuo da faixa costeira de 250 metros.

Esta zona costeira apresenta elevada densidade populacional e, um recuo da mesma, pode pôr em causa a segurança das populações que nela habitam, deixando-as vulneráveis a eventos extremos, como galgamentos oceânicos. Surge uma necessidade de alertar as populações para estes eventos, para possibilitar uma resposta atempada e adequada, sendo este, o objetivo deste trabalho. Para isto desenvolveu-se um sistema de previsão, baseado no output do modelo WAVEWATCH III (WW3) e em formulações empíricas, que determina o espraio máximo das ondas.

2. Metodologia

2.1. Aquisição de dados hidrodinâmicos

O WAVEWATCH III (2016) é um modelo numérico que resolve a equação de ação de onda. Este modelo disponibiliza valores de altura significativa, período de pico e direção da onda a partir do forçamento meteorológico obtido pelos modelos Global Forecast System (GFS) a escala global e Weather Research Forecast (WRF) a escala local. Estes parâmetros são previstos numa grelha não estruturada no Atlântico Norte para um horizonte temporal de 7,5 dias.



O WW3 corre, em modo operacional, no Argus, o cluster de computação da Universidade de Aveiro. Os dados de previsão são transferidos diariamente para um diretório local onde são armazenados e tratados no MATLAB. Neste diretório local, criam-se séries temporais para as localizações das boias oceânicas de Leixões, Nazaré, Sines e Faro, para cada dia de antecedência da previsão. Um processo semelhante ocorre para os dados de observação. São disponibilizados pelo Copernicus Dashboard e armazenados no mesmo diretório local e criadas séries temporais de observação. Este processo ocorre diariamente, pelas 14h30.

2.2. Aquisição de dados topográficos

Foram efetuados perfis topográficos nas praias da Costa Nova, Vagueira e Mira, nos dias 19.03.2025 e 07.05.2025, recorrendo a um sistema RTK – GPS System. A montagem deste sistema consiste num bastão, com o GPS e uma roda de bicicleta fixados nas extremidades. Os dados topográficos foram posteriormente tratados no MATLAB.

2.3. Validação do WW3

A validação dos resultados do modelo WW3 é feita a partir de uma análise estatística das séries temporais de previsão e de observação criadas previamente, para as localizações das 4 boias oceânicas entre 1 de janeiro e 20 de junho de 2025. A validação consistiu na análise da evolução do viés, erro médio quadrático e correlação ao longo do número de dias de antecedência da previsão tal como regressões lineares, gráficos quantil-quantil, histogramas e histogramas *waveros* para previsões com 1 dia de antecedência. A validação é feita num regime semanal, todos os domingos, pelas 9h30.

2.4. Cálculo do nível máximo da água

O nível máximo da água (*TWL*) é calculado, segundo Sailenger et al. (2000), através da formulação: $TWL = \eta + R_{2\%}$, em que a η corresponde ao nível da maré e $R_{2\%}$ corresponde ao excedente 2% do *runup*. O *runup* foi determinado com recurso a 5 formulações diferentes (Hunt, Stockdon, Teixeira, Sallenger e Atkinson) a partir dos valores dos seguintes parâmetros: a) declive da face da praia; b) altura significativa e c) período de pico. Posteriormente, foi calculada a média dos valores calculados através destas 5 formulações. Diariamente, é criada uma série temporal do nível máximo da água para os 7,5 dias seguintes para os perfis nas praias da Costa Nova, Vagueira e Mira.

3. Resultados

3.1. Validação do WW3

A validação revelou que o modelo WW3 é capaz de prever bem os valores observados para as boias de Leixões, Nazaré, Sines e Faro. A dimensão da amostragem é de 256, ~3700, ~3500 e ~1600 valores, respetivamente. As previsões para a altura significativa apresentam correlações muito fortes, com valores superiores a 0,9 nos primeiros dias de antecedência, à exceção de Faro que ronda os 0,8 (Fig. 1). Os valores de correlação entre as séries de altura significativa tendem a decair após 3 dias de antecedência, à exceção da boia de Faro, cuja correlação atinge um máximo de 0,871 no quarto dia de antecedência. Apesar dos valores satisfatórios, nada se pode concluir quanto à qualidade da previsão para a boia de Leixões devido à fraca amostragem.

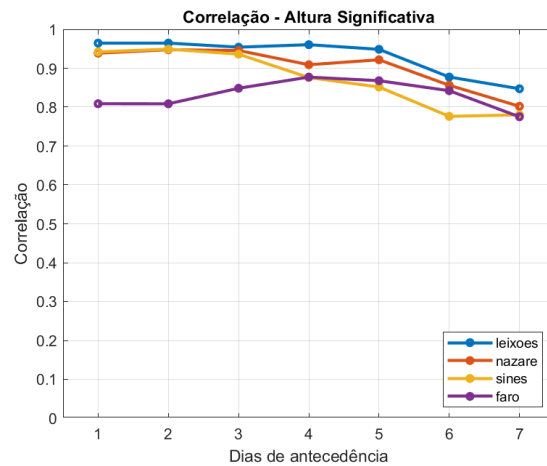


Figura 1. Valores do coeficiente de correlação para a altura significativa.

3.2. Cálculo do nível máximo da água

A Fig. 2 representa as séries de altura significativa, período de pico e maré astronómica (azul) e o nível máximo da água (vermelho) calculados para a Praia de Mira. Conjuntamente com o nível máximo da água, também é destacada a altura da base da duna (linha a tracejado verde).

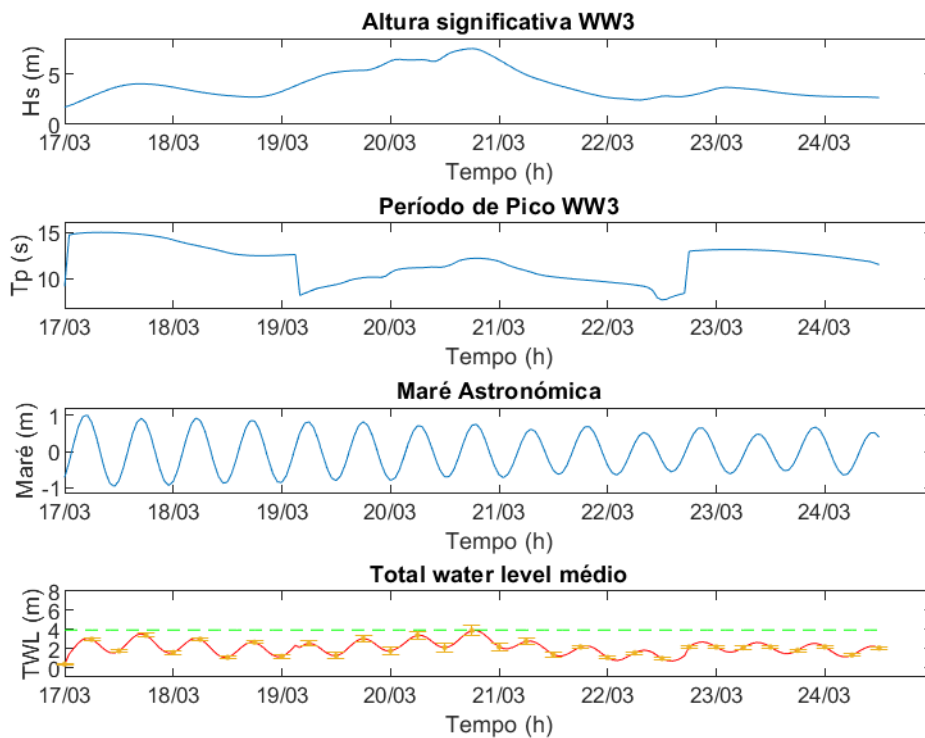


Figura 2. Nível máximo da água previsto a 17.03.2025 – Praia de Mira.

Num regime diário, o sistema desenvolvido produz uma figura semelhante com os parâmetros anteriores para uma janela temporal de 7,5 dias, para cada um dos perfis de praia.



4. Discussão e conclusões

Neste estudo desenvolveu-se um sistema operacional de previsão do nível máximo do espraio das ondas para alguns perfis das praias da Costa Nova, Vagueira e Mira com base no output do modelo WAVEWATCH III. Este sistema gera diariamente séries de nível máximo da água para os 7,5 dias seguintes, que permitem comparar o nível da água com as alturas da base e crista da duna e assim contribuir para que haja uma reação atempada a eventos extremos.

As previsões feitas pelo WW3 demonstram ter boa qualidade, particularmente para a Nazaré e Sines, o que assegura um bom desempenho do sistema desenvolvido. Para Leixões, a escassez de dados observados inviabiliza a formulação de conclusões mais consistentes. Analisou-se o desempenho do modelo de acordo com o tempo de antecedência da previsão. A qualidade das previsões tende a decair a partir do terceiro dia de antecedência, à exceção de Faro que cuja qualidade atinge um pico no quarto dia de antecedência.

A validação efetuada limitou-se apenas ao modelo WW3, isto é, apenas foram testados os parâmetros de entrada do sistema. O registo de observações do nível máximo da água a efetuar no futuro permitirá complementar a validação do sistema.

Este sistema foi desenhado para a região de Aveiro, no entanto, é adaptável a qualquer praia dentro da zona de cobertura do WW3, caso seja devidamente ajustado.

Referências Bibliográficas

- Andrade, C., Rodrigues, A.R., Pinto, C., Taborda R., Couto A., Portela L., Pina C., Ramos L., Rodrigues A., Terrinha P., Brito P., Caldeirinha V., e Ferreira A. (2015). "Grupo de trabalho para os sedimentos Relatório final". 32 pp.
- Maia A., Bernardes C., e Alves M. (2015). "Cost-benefit analysis of coastal defenses on the Vagueira and Labrego beaches in North West Portugal". *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 15(1), 81–90.
- Ponte Lira, C., Silva, A. N., Taborda, R., e Andrade, C. F. (2016). "Coastline evolution of Portuguese low-lying sandy coast in the last 50 years: An integrated approach". *Earth System Science Data*, 8(1), 265–278.
- Sailenger, A. H., Petersburg, S., & Sallenger, A. H. (2000). "Storm Impact Scale for Barrier Islands". *Journal of Coastal Research*, 16(3), 890–895.
- The WAVEWATCH III R Development Group (WW3DG) (2016). "The WAVEWATCH III R Development Group (WW3DG), 2016: User manual and system documentation of WAVEWATCH III R" version 5.16. Tech. Note 329, NOAA/NWS/NCEP/MMAB, 326 pp.