

## Projecto AMOS - serviço de previsão para suporte à navegação e atividade portuária

A. Silva (1), J. C. Leitão (1), P. Galvão (1), P. C. Leitão (1), M. S. Malhadas (1), H. Santos (1), J. Ribeiro (1), E. Aires (1), S. Bartolomeu (1) e J. Rodrigues (1)

(1) HIDROMOD, Rua Rui Teles Palhinha, nº 4, 1º. 2740-278, Porto Salvo. [adelio@hidromod.com](mailto:adelio@hidromod.com).

**Resumo:** No âmbito do projeto AMOS foi desenvolvido um sistema de previsão para suporte às diferentes atividades costeiras como por exemplo, entre outras, a navegação, a atividade portuária ou a gestão de sistemas de tomada e rejeição de água. Este sistema através de um único ponto de acesso (portal do projeto AMOS, <http://amos.hidromod.com/>) disponibiliza de forma condensada previsões atmosféricas, ondas, correntes e alertas de navegação. Adicionalmente são apresentados alertas de tempestade calculados com base nas previsões disponíveis. Num segundo nível os utilizadores podem explorar previsões numéricas e dados medidos (detecção remota e boias) na forma de gráficos XY (modelo vs. medidas) e campos de vetores e escalares. O utilizador tem também acesso a relatórios de validação quantitativa produzidos de forma regular. O *backoffice* do sistema segue uma arquitetura cliente servidor o que permite disseminar os outputs do projeto AMOS de forma muito eficiente. Os resultados do sistema conseguem chegar às salas de operação dos portos, às pontes dos navios (via o sistema Navtor) ou ao bolso do trabalhador de um porto via uma aplicação mobile.

**Palavras-chave:** Previsão, alertas, navegação, operação, disseminação, validação.

### 1. INTRODUÇÃO

Os oceanos são uma das vias mais importantes para o transporte global. Atualmente, 80% do comércio mundial é transportado por mar e mais de 400 milhões de passageiros passam em portos europeus todos os anos. Em 2018, a capacidade total de transporte marítimo deverá ultrapassar 2,1 mil milhões de toneladas (DWT), em comparação com 1,2 mil milhões de DWT em 2008 (JPI-Oceans, 2011). Já a frota mundial está estimada em mais de 100,000 navios em comparação com 77,500 em 2008 (JPI-Oceans, 2011). Com tal grau de desenvolvimento, a necessidade de otimizar os processos e reduzir o risco de acidentes é de grande importância.

A ocorrência de eventos meteoceanográficos extremos pode causar graves perturbações nas operações de navios, quer durante a navegação/manobra quer durante as operações de movimentação de carga. Adicionalmente, com o aumento do transporte marítimo há uma pressão crescente para melhorar a eficiência das operações o que, em alguns casos, pode levar a um aumento dos riscos. Cada vez mais é expectável que grandes navios necessitem de manobrar em áreas mais confinadas ou navegar em canais com pé-de-piloto mais reduzido.

O objetivo do projeto AMOS é oferecer um serviço de previsão de alta resolução de condições meteoceanográficas, incluindo a capacidade de aviso precoce de tempestades no mar, cobrindo as regiões continentais e insulares de Portugal, em escalas compatíveis com os usos e atividades costeiras, para

aumentar a eficiência e diminuir os riscos dessas atividades. Estes serviços poderão ser usados para aconselhamento (e alerta) à navegação, mas também para suporte a outras atividades como, por exemplo, a pesca, os desportos náuticos, o combate à poluição costeira, o suporte a missões de busca e salvamento ou a otimização de dragagens em canais de navegação.

A plataforma AQUASAFE (distinguida pela IWA) constitui o suporte informático usado para gerir as diferentes fontes de dados e modelos numéricos usados para fornecer as previsões de alta resolução, controlar a interface com os utilizadores através de diferentes clientes (desktop, web, móvel) e emitir relatórios e alertas automáticos. Estas previsões estão igualmente integradas na plataforma NavStation, da empresa NAVTOR, para otimização do planeamento rotas através da consideração das previsões locais. A plataforma NavStation já é amplamente utilizada como suporte para a atualização das Cartas Náuticas Eletrónicas a bordo, incluindo os serviços (Electronical Navigational Charts), ADP (Admiralty Digital Publications), e-NP (electronic Nautical Publications).

### 2. PLATAFORMA AQUASAFE

O serviço de alertas do projeto AMOS tem na sua génese as seguintes componentes: 1) servidor, 2) análise e verificação e 3) disseminação. A componente do servidor é responsável por toda a gestão de dados (e.g., satélite, redes *in situ*, modelos externos) e execução de modelos numéricos em modo de previsão. Todos os dados que são adquiridos através de *download* são considerados

como fontes externas e toda a informação gerada com recurso a modelos implementados dentro da plataforma AQUASAFE como fontes internas. Toda a informação que é gerada no âmbito deste processo tem subjacente uma política de privacidade e obedece a *standards* de formatos e de meta-informação garantindo que todos os dados são catalogados mediante determinados pré-requisitos, nomeadamente, tipo de dado, provedor do dado, restrições de uso, local de medição, profundidade de medição, parâmetro medido, entre outros. A segunda componente tem como objetivo garantir que toda a cadeia de processos necessária para produzir as previsões é executada de forma efetiva. Esta cadeia de processos é complexa, envolvendo a transferência de grandes volumes de dados em diferentes formatos e resoluções, o tratamento dos dados de forma a verificar a respetiva integridade e traduzi-los para formatos *standard* e a execução de diferentes modelos com dependências entre si. Por fim, a terceira e última componente, consiste na divulgação da informação para os utilizadores finais. A disseminação pode ser feita diferentes tipos de clientes informáticos (desktop, web, móvel) e através de relatórios automáticos disseminados para uma lista predefinida de *emails* que podem ser enviados regularmente ou, no caso de alertas, obedecer à ocorrência de um evento.

Estes sistemas permitem a integração de diversas componentes e a gestão de diferentes tipos de dados oceanográficos proporciona uma melhor eficiência nos serviços de gestão ambiental costeira. Adicionalmente também fornecem um serviço mais abrangente e mais robusto a menor custo, quer em termos de esforço de recursos humanos e de gestão da informação de dados.

### 3. PREVISÃO

A metodologia de modelação aplicada à região de Portugal Continental, Madeira e Açores é suportada por uma filosofia de modelos encaixados para simulação da hidrodinâmica e propagação de ondas explorados pela Hidromod. No caso das previsões atmosféricas é também seguida uma abordagem de modelos encaixados mas neste caso são utilizados fornecedores externos de dados (e.g. MeteoGalicia e IberMeteo).

Esta metodologia encontra-se muito disseminada a nível global. Sistemas de modelação de ampla divulgação como é o caso do WRF (previsão atmosférica) e SWAN (previsão de ondas) seguem o mesmo tipo de abordagem de *downscaling*.

No que diz respeito à previsão hidrodinâmica existem também diversos sistemas que recorrem a este tipo de abordagem como é o caso do ROMS, Delft3D e MOHID. Este último tem sido utilizado pela Hidromod em diversos sistemas operacionais nacionais (Silva *et al.*, 2013, Leitão *et al.*, 2013) e internacionais (Bartolomeu *et al.*, 2014, Leitão *et al.*,

2015) e por outras instituições (IST, Portugal, Suez Environment, França (Delpy *et al.*, 2014), Kordis, Coreia, MeteoGalicia, Espanha).

A metodologia de modelos encaixados seguida com o modelo MOHID (Leitão *et al.*, 2005) tem-se revelado uma solução eficiente que permite integrar processos desde a escala dos quilómetros, como é o caso da maré, com processos da escala das centenas de metros, como é o caso de plumas de estuários e rios. A comunicação entre modelos é feita *one-way*, ou seja, os modelos de maior escala influenciam os modelos de menor escala, mas o contrário não ocorre.

### 4. VALIDAÇÃO

A base para a validação de todo o sistema de previsão são: marégrafos, boias e estações meteorológicas. Na Fig. 1 apresenta-se a localização dos sensores disponíveis em tempo real para Portugal Continental e áreas adjacentes. Também existe para os Açores e para a Madeira mas em menor número.

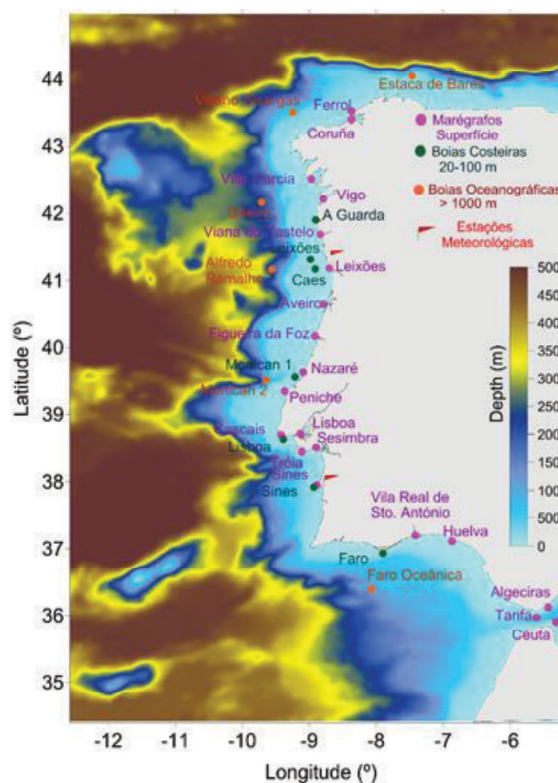


Fig. 1. Localização dos marégrafos, boias costeiras, boias oceanográficas e estações meteorológicas disponíveis para Portugal Continental.

Os marégrafos (círculos rosa), as boias costeiras (círculos verde) e oceanográficas (círculos laranja) sob o domínio português são mantidas pelo IH e as de domínio espanhol pelos Puertos del Estado. Os parâmetros disponíveis incluem três classes (atmosféricos, ondulação e hidrodinâmicos), podendo incluir dados à superfície ou em diversas profundidades.

O acesso a estes dados em tempo real permite uma validação qualitativa dos dados medidos com as previsões disponíveis por comparação visual (Fig. 2).

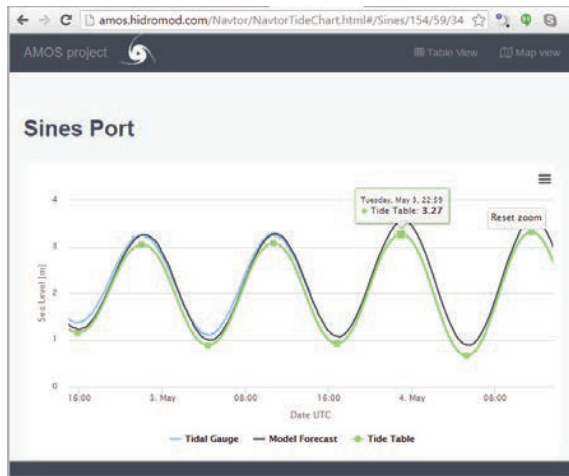


Fig. 2. Comparação via página do projeto AMOS dos dados medidos pelo marégrafo de Sines com previsões do modelo MOHID e a tabela de maré.

Adicionalmente permite validações quantitativas que visam aferir estatisticamente a precisão dos modelos de previsão (RMSE, bias, correlação, etc.). Uma pergunta importante a que o processo de validação tem de responder é a fiabilidade das previsões função dos dias de previsão. A validação de um modelo de previsão não deve ser feita apenas para o primeiro dia de previsão mas para os vários dias que são publicados resultados de previsões.

O sistema AQUASAFE permite gerar e disseminar (via email, web) de forma automática relatórios em diferentes formatos de validação (pdf, word, xls) onde uma das funcionalidades é mostrar os parâmetros estatísticos de validação função do dia de previsão. Nas Fig. 3 e Fig. 4 apresentam-se exemplos de comparações com medidas para o período de 24 de Abril a 4 de Maio de 2016 geradas de forma automática e disseminadas via relatórios em pdf.

Na Fig. 3 é possível constatar que no caso da intensidade do vento o GFS mantém um RMSE relativamente estável ao longo dos 10 dias de previsão mas em termos de correlação existe uma quebra logo ao 2º dia e uma segunda quebra ao 8º dia.

Na Fig. 4, onde são apresentados comparações de altura significativa da onda, pode verificar-se que, neste caso, o RMSE só aumenta a partir do 6º dia de previsão. No que diz respeito à correlação esta apresenta uma tendência de diminuição desde o primeiro dia e a partir do 5º dia cai bruscamente.

Os produtos de satélite acessíveis via AMOS correspondem às seguintes soluções disponibilizadas pela Marine Copernicus: Global Ocean OSTIA L4 senso, European Ocean-Sea L4 multi-sensor e Global Ocean the IFREMER CERSAT Global Blended Mean Wind Fields. Este tipo de produtos

permite validar a variabilidade espacial das previsões (Fig. 5).

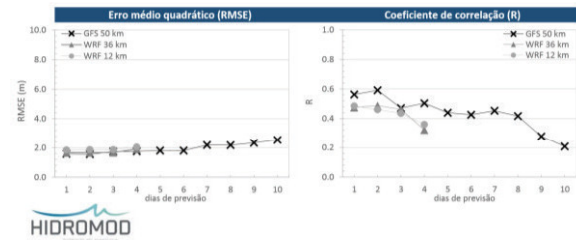


Fig. 3. Comparação do RMSE e da correlação das previsões de intensidade do vento do GFS (NOAA) com duas soluções de WRF (MeteoGalicia) para Sines para diferentes dias de previsão.

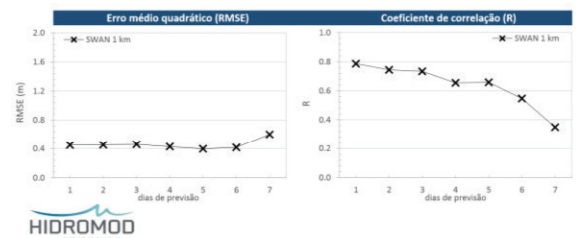


Fig. 4. RMSE e correlação das previsões de altura significativa do SWAN (Hidromod) para Sines função dos dias de previsão.

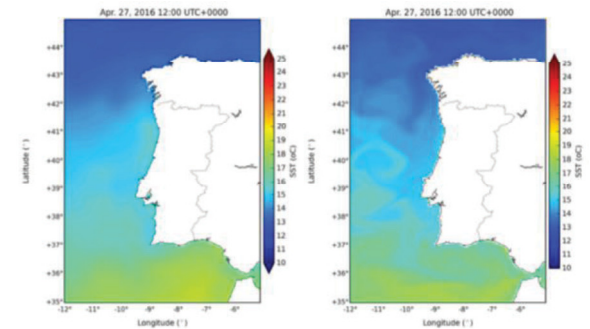
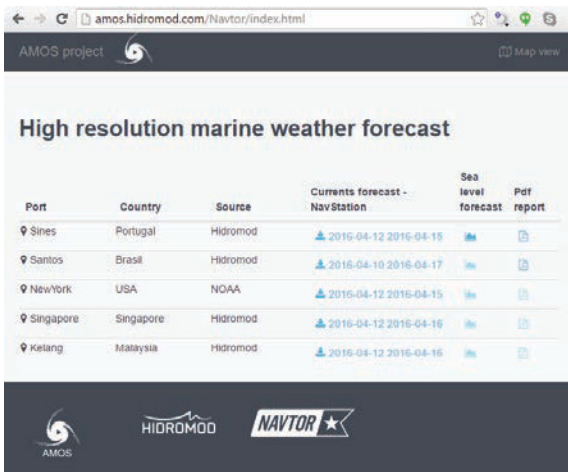


Fig. 5. Temperatura à superfície para o dia 27 de Abril de 2016 às 12h UTC: OSTIA (esquerda) e MOHID (direita).

## 5. DISSEMINAÇÃO

Um dos objetivos do projeto AMOS é disseminar as previsões de forma *standard* (web e mobile) e visualmente simples (tabelas, gráficos XY, mapas) para zona económica exclusiva de Portugal.

Adicionalmente, para além desta disseminação *standard*, foi feito igualmente um primeiro ensaio de disseminação de previsões de alta resolução para diferentes pontos do globo, nomeadamente: Nova York, Santos, Singapura, Sines e Klang (Malásia) para serem testadas na plataforma NavStation (Fig. 6). Numa primeira fase foram disponibilizadas apenas correntes de alta resolução em formato NetCDF que podem ser lidas pela plataforma NavStation, permitindo a qualquer navio onde esta plataforma esteja disponível sobrepor às cartas náuticas digitais previsões de correntes com resoluções da ordem dos 50 m (Fig. 7).



Port	Country	Source	Currents forecast - NavStation	Sea level forecast	Pdf report
Sines	Portugal	Hidromod	2016-04-12 2016-04-15		
Santos	Brasil	Hidromod	2016-04-10 2016-04-17		
New York	USA	NOAA	2016-04-12 2016-04-15		
Singapore	Singapore	Hidromod	2016-04-12 2016-04-15		
Kelang	Malaysia	Hidromod	2016-04-12 2016-04-15		

Fig. 6. Tabela de previsões de correntes de alta resolução disponível em formato NetCDF via web para 5 portos numa primeira fase.



Fig. 7. Correntes de alta resolução previstas pela Hidromod com o modelo MOHID (Bartolomeu et al., 2014) sobrepostas à carta náutica digital na plataforma via plataforma NavStation.

## 6. CONCLUSÕES

Em resultado do projeto AMOS foi implementado um sistema de integração de dados em tempo real e de previsão de parâmetros meteoceanográficos de alta resolução que tem por objetivo principal disponibilizar informação, através dum único ponto de acesso, para a zona económica exclusiva de Portugal. O sistema possui em qualquer caso as características necessárias para poder disponibilizar informação similar para qualquer ponto do globo.

A plataforma foi estruturada de forma a poder vir a crescer no futuro com a integração doutro tipo de informação relevante como seja por exemplo a relativa aos navios ou a operações em terra.

A adoção generalizada deste tipo de abordagem está igualmente a ser incentivada ativamente pela União Europeia que pretende promover sistemas que permitam fazer a fusão da multiplicidade de dados atualmente disponíveis que, se devidamente transformados em informação, poderão representar uma mais-valia muito relevante para a segurança marítima, a vigilância costeira e outros utilizadores do mar.

## Agradecimentos

O presente trabalho é parte integrante do projeto AMOS que é parcialmente financiado pelo programa EEA Grants no âmbito da área programática focada na “Gestão Integrada das Águas Marinhas e Costeiras”. Para mais informação sobre o programa EEA Grants visite <http://www.eeagrants.gov.pt/>

## REFERÊNCIAS

- Bartolomeu, S., Malhadas, M., Leitão, P., Dias, J. Influence of MeteOcean processes on MSYM sea level predictions in the Singapore and Malacca Straits. 3.<sup>as</sup> Jornadas de Engenharia Hidrográfica, 24-26 June 2014, Lisbon, Portugal. Extended abstracts: 155-158.
- Delpey, M.T., Arduin, F., Otheguy, P., Jouon, A. Effects of waves on coastal water dispersion in a small estuarine bay. *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 2014; 119: 1–17.
- JPI-Oceans, 2001. Healthy and Productive Seas and Oceans. Vision document, 2011.
- Leitão, J., Leitão P., Silva, A., Galvão, P., Ribeiro, J., Malhadas, M., Santos, H., Aires, E. Sistema Aquasafe nos portos de Leixões e Viana do Castelo. 8.<sup>as</sup> Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária LNEC, 10 e 11 de Outubro de 2013.
- Leitão, P., Coelho, H., Santos, A., Neves, R. Modelling the main features of the Algarve coastal circulation during July 2004: A downscaling approach. *Journal of Atmospheric & Ocean Science*. 2005; 10(4): 421-462.
- Leitão, P., Leitão J., Ribeiro, R., Sampaio, A., Galvão, P., Ribeiro, J., Silva, A. (2015). Serviços de previsão de alta resolução de condições meteo-oceanográficas e de eventos de poluição costeira. VIII congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa.
- Silva, A.J.R., Leitão, J.C., Leitão, P.C., Galvão, P., Ribeiro J., Carneiro, E. & Pinto, J., 2013, Sistemas Operacionais para suporte à atividade portuária, 8.<sup>as</sup> Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, LNEC, Outubro de 2013.