



2.^{as} JORNADAS DE ENGENHARIA HIDROGRÁFICA

ACTAS

Lisboa 20, 21 e 22 de junho de 2012

Sistema integrado de apoio meteo-oceanográfico aos portos dos Açores

F. V. Reis (1), R. D. Tomé (1), A. T. Simões (1), A. S. Valente (1),
M. C. Rodrigues (2) e E. B. Azevedo (1)

- (1) Centro de Estudos do Clima, Meteorologia e Mudanças Globais da Universidade dos Açores. Rua Capitão Rua Capitão João de Ávila. 9700-042 Angra do Heroísmo. Terceira. Açores. edubrito@uac.pt
(2) Portos dos Açores, SA. – Direcção Geral da Terceira e Graciosa, Zona Portuária do Cabo da Praia, 9760 Praia da Vitória.

Resumo: Pese embora a óbvia dependência do Arquipélago do Açores face às condições do estado do mar, só a partir do ano de 2005 foi possível dotar a região de equipamentos e ferramentas que, progressivamente, têm permitido um apoio à operacionalidade dos seus portos, bem como ao desenvolvimento de uma primeira climatologia da agitação marítima que condiciona estas importantes infra-estruturas. Este esforço complementa a rede de marégrafos do IH que de há longa data caracterizam o regime das marés observado na região. Em simultâneo têm sido desenvolvidos esforços no sentido de dotar o Porto da Praia da Vitória de uma estrutura de apoio à investigação de temas relacionados com a operação portuária. Na presente comunicação é feita, de forma integrada, uma caracterização de todo o sistema e dos produtos desenvolvidos, bem como são identificadas as respectivas potencialidades face à nova estrutura de gestão dos Portos dos Açores.

Palavras chave: portos açores, agitação marítima, operação portuária.

1. INTRODUÇÃO

Os projectos CLIMAAT e CLIMARCOST (Azevedo *et al.* 2008), desenvolvidos no âmbito das Iniciativas Comunitárias Interreg_IIIB, Açores Madeira e Canárias (MAC/2.3/A3; 03/MAC/2.3/A5; 05/MAC/2.3/A1), tiveram como objectivo o aprofundamento da cooperação técnica e científica no sentido do desenvolvimento e adopção de metodologias e de tecnologias específicas para o estudo e acompanhamento da meteorologia e do clima das regiões insulares da Macaronésia, e da sua envolvente, a uma escala compatível com a generalidade dos fins aplicados. Mais recentemente, e no âmbito do projecto MacSIMAR (PCT_MAC/1/A089), foi considerado como objectivo a atingir a integração de todo o esforço desenvolvido em fases anteriores na estratégia Europeia de investigação marinha e marítima para o mar.

De entre as diversas iniciativas desenvolvidas pelos diferentes parceiros, e no âmbito dos referidos projectos, foi possível dotar o Arquipélago dos Açores de uma rede de acompanhamento das condições da agitação marítima em tempo q/real, bem como desenvolver as capacidades em modelação numérica conducentes à disponibilização pública de previsões do estado do tempo e do mar com uma resolução mais adequada à realidade insular.

Estas iniciativas, para além de gerarem um considerável acervo científico em dados, têm permitido a disponibilização de informação de natureza operacional e climatológica de utilização generalizada pelas entidades que dela necessitam. De entre estas entidades, e no que diz respeito à

informação que incide sobre o ambiente marinho e costeiro, destacam-se as relacionadas com a navegação e segurança no mar, com o projecto e execução de infra-estruturas marítimas, bem como com as relacionadas com a operação e gestão portuárias.

2. REDE DE ESTAÇÕES ONDÓGRAFO DA RAA

Iniciada em 2005, a rede de monitorização da agitação marítima da RAA é composta actualmente por seis estações ondógrafo da marca Datawell MK_III que, de Sta. Maria às Flores (Tabela I e figura 1), registam e transmitem em tempo quase-real informação relevante para diferentes fins aplicados (cf. Barrera *et al.* 2008).

A gestão científica e operacional de toda a rede está a cargo do Centro de Estudos do Clima, Meteorologia e Mudanças Globais (C_CMMG) da Universidade dos Açores, cuja actividade, neste domínio, é suportada pela Direcção Regional dos Transportes Aéreos e Marítimos (DRTAM) da RAA, enquanto que os meios operacionais e de manutenção estão a cargo da empresa Portos dos Açores, SA.

Para além de integrarem a rede dos parceiros dos projectos acima referidos, o conjunto de estações ondógrafo da RAA, registadas na WMO com os códigos de 6202400 a 6202405, fazem parte da rede nacional de monitorização da agitação marítima gerida pelo IH, e integram as redes dos consórcios internacionais IBI_ROOS e IOWAGA.

Estação	Latitude	Longitude	Profundidade amarração	Modelo Dataswell
Flores	39° 22.11'	-31° 9.80'	80 m	MK III (0.7 m)
Terceira	38° 45.05'	-27° 00.62'	100 m	MK III (0.7 m)
Faial/Pico	38° 35.26'	-28° 32.26'	110 m	MK III (0.9 m)
Graciosa	39° 05.21'	-27° 57.73'	97 m	MK III (0.7 m)
S. Miguel	37° 43.53'	-25° 43.28'	90 m	MK III (0.7 m)
Sta. Maria	36° 55.21'	-25° 10.02'	119 m	MK III (0.7 m)

Tabela I – localização e características de fundeamento das estações ondógrafo da R.A.A..



Figura 1 – localização das estações ondógrafo (o mapa não está à escala).

Os dados observados pelas bóias ondógrafo, constituídos na sua origem por séries temporais de deslocamentos verticais (elevações) e horizontais segundo os eixos N-S e E-W, são calculados a partir das medições das três componentes da aceleração do movimento da superfície livre do mar face às respectivas componentes do campo magnético terrestre.

Em condições normais a aquisição de dados é efectuada de três em três horas, durante períodos de 30 minutos. Em condições de temporal, ou seja, quando a altura significativa excede 5 metros, os períodos de aquisição são apenas espaçados de pequenos intervalos necessários ao processamento dos dados. Todos os registos são processados tendo em vista a obtenção dos parâmetros oceanográficos relevantes obtidos quer pelo método directo quer pelo método espectral. As estações ondógrafo também disponibilizam a temperatura de superfície da água do mar em graus centígrados.

A transmissão dos dados das bóias para terra é feita via rádio, em VHF, sendo depois encaminhados via Web, por ADSL, para os servidores do C_CMMG.

A organização da informação é feita em base de dados, sendo susceptível de consulta mediante chave de acesso através de uma interface específica com o endereço <http://www.ccmng.angra.uac.pt/>.

Os diferentes blocos de informação podem ser consultados através de critérios de selecção por unidade ondógrafo, por tipo de dados e por intervalo de calendário, bem como descarregados para ficheiros autónomos em formato ASCII ou CSV.

Os dados estão organizados nos seguintes blocos de informação:

- dados dos 10 minutos

- dados do *system file* da MKIII (formato do fabricante)
- dados dos espectros (*spectrum files*)
- *rawdata*
- dados em tempo q/real em formato KMZ (Google Earth)

A informação produzida pela rede pode ter um objectivo estritamente operacional, fornecendo dados sobre o estado do mar em tempo q/real através da página web www.climaat.angra.uac.pt, e da sua evolução nas últimas 24 horas, bem como pode servir para elaboração da climatologia da agitação marítima necessária para vários fins (cf. Figura 2, em Esteves *et al.* 2009), designadamente para o estabelecimento dos parâmetros de projecto necessários para as infra-estruturas portuárias.

A informação produzida também é utilizada para outros objectivos de natureza científica, designadamente para efeitos de calibração de dados de detecção remota (cf. Pontes *et al.*, 2010; 2011), de modelos da agitação marítima (cf. Guilherme *et al.* 2009; Santos *et al.* 2009), avaliação da energia das ondas (cf. Pontes *et al.* 2010; Izan *et al.* 2011), avaliação do risco em operações portuárias (cf. Santos *et al.* 2010a; Neves *et al.* 2011;), erosão costeira, transporte de sedimentos, caracterização dos ecossistemas marinhos, etc..

Por outro lado, a possibilidade do acompanhamento em tempo q/real do estado do mar em situações mais complicadas do estado do tempo, tem permitido uma gestão da manobra e operação portuária em condições de maior segurança, bem como uma melhor gestão das operações de acautelamento e segurança em obras portuárias em curso.

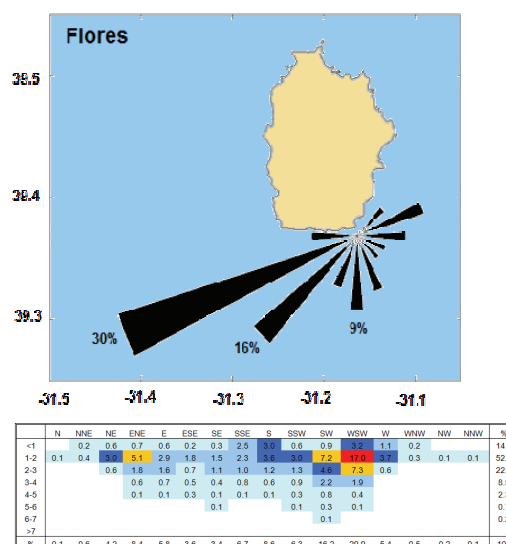


Figura 2 – Pormenor da climatologia da agitação marítima para o porto das Lajes na ilha das Flores em Esteves *et al.*, 2009.

3. PREVISÕES DO ESTADO DO TEMPO E DO MAR

Também no âmbito dos projectos acima referidos o C_CMMG disponibiliza diariamente, através da sua

página <http://www.climaat.angra.uac.pt/>, e para vários domínios espaciais da região dos Açores, os resultados de vários modelos de previsão do estado do tempo e do estado do mar. Na previsão do estado do tempo, e em colaboração com parceiros da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, são corridos duas vezes ao dia os modelos de mesoscala MM5 (Penssylvania State University/National Center for Atmospheric Research) e WRF (Weather Research and Forecasting do National Center for Atmospheric Research).

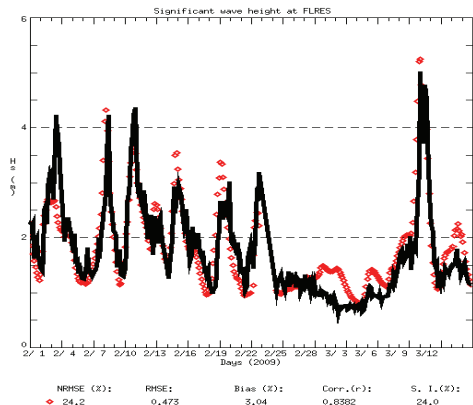


Figura 3 – Testes de validação da nova geração do WAVEWATCH III com recurso aos dados da bóia das Flores (Fabrice Ardhuin - IFREMER – NOAA/NCEP- CCMMG.) .

No domínio da agitação marítima recorre-se ao modelo WAVEWATCH III com uma previsão a 72 horas da agitação marítima para vários domínios espaciais que abrangem o Atlântico Norte e, em particular, os diferentes grupos do Arquipélago dos Açores. O modelo é actualizado todas as 12 horas e é forçado com as previsões do vento aos 10m obtidas com o modelo atmosférico de mesoscala MM5. Tendo em vista a sua validação, as previsões efectuadas são periodicamente comparadas com as medições feitas pelas bóias ondógrafo (cf. figura 3).

4. RADAR DE BANDA X

A introdução de um radar de banda X no Porto da Praia da Vitória (Figura 4) para a monitorização das condições do estado do mar na zona periférica à barra do porto, a par da monitorização da agitação marítima com recurso à bóia ondógrafo, teve como objectivo testar estas tecnologias no sentido de as vir a utilizar com economia de meios e, eventualmente, com vantagem em relação às técnicas baseadas em estações fundeadas. A tecnologia adoptada é a disponibilizada pela WaMos® (Wave and Surface Current Monitoring System), que trata um sinal de radar FURUNO equipado com uma antena de 6 pés. O perímetro de rotação da antena é de 360 graus, muito embora se tenha aplicado uma máscara de protecção ao sinal no sector correspondente à zona portuária e de terra.

De facto, para além da enorme vantagem que só por si constitui a circunstância de, com este equipamento e metodologias, ser possível fazer observações espaciais horizontais do estado do mar numa zona periférica mais alargada, a qual, no caso concreto, se estende a cerca de uma milha náutica fora da embocadura do porto, acresce também o facto de ser um equipamento que fica instalado em terra, o que não só facilita o seu acesso e manutenção, como o protege da adversidade a que estão sujeitos os equipamentos fundeados, sobretudo em situações de mau tempo, precisamente aquelas em que é fundamental que as observações não sejam interrompidas.



Figura 4 – Torre e instalações do radar de banda X no porto da Praia da Vitória para a monitorização da agitação marítima periférica.

As recentes metodologias de monitorização da agitação marítima com recurso a tecnologias radar têm sido adoptadas em diferentes enquadramentos costeiros. A interacção entre o sinal radar e a superfície do mar é assumida por ser uma dispersão do tipo Bragg onde os ecos proporcionados pela ondulação, responsáveis pelos sinais de retorno, são susceptíveis de serem interpretados matematicamente e incorporados em modelos hidrodinâmicos.

No caso do radar do Porto da Praia da Vitória, os valores observados com esta tecnologia têm sido confrontados com os registados na bóia ondógrafo fundeada ao largo do mesmo porto.

5. PORTO DA PRAIA DA VITÓRIA

Atendendo às características do Porto da Praia da Vitória na Ilha Terceira (figura 5), designadamente as relacionadas com a sua dimensão, configuração, batimetria e “limpeza” da sua bacia, quando associadas à configuração e recorte das infra-estruturas portuárias existentes, bem como às características das suas margens, faz deste porto um excelente laboratório natural para qualquer estudo que se relacione, quer com aspectos hidrodinâmicos, quer com aspectos operacionais, de manobra e de gestão portuária, quer ainda com aspectos que se relacionem com a gestão ambiental ou de situações de emergência. De facto, desde o início das iniciativas de que faz referência esta comunicação,

esta infra-estrutura portuária tem sido utilizada, quer como plataforma logística para as operações de mar, quer para o teste das novas tecnologias de observação por radar, quer ainda no âmbito de vários estudos de capacidade de operação face a diferentes cenários de agitação marítima (cf. Santos *et al.* 2010a, 2010b; Neves *et al.* 2010; Guilherme *et al.* 2009;).

Nesta perspectiva, e com o intuito de dotar a baía portuária com meios de observação que permitem desenvolver e apoiar os estudos para lá planeados, encontram-se em funcionamento os seguintes equipamentos: uma bóia ondógrafo; um radar de banda X, uma estação meteorológica e três marégrafos de pressão. Para além destes sensores foi adquirido um sensor ADCP para o canal de acesso ao porto, o qual ainda se encontra em fase de instalação.

Da mesma forma, e no âmbito de vários estudos, têm sido testados modelos numéricos de alta resolução para águas pouco profundas no interior da baía portuária da Praia da Vitória, os quais, incluído funções de transferência de vento e das condições da agitação exterior, permitem um acompanhamento do seu comportamento face aos fenómenos observados.

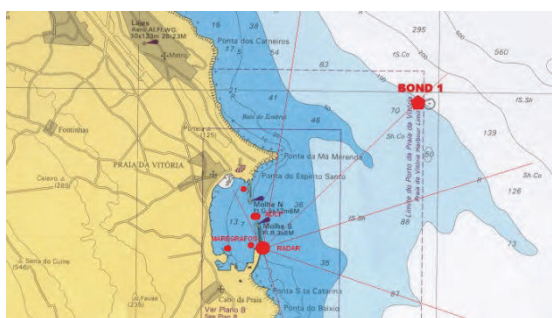


Figura 5 – Porto da Praia da Vitória e respectivo dispositivo de monitorização.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos programas que permitiram o lançamento dos projectos acima referidos, designadamente os financiados pela união Europeia através de fundos FEDER. Os autores também agradecem o apoio da Direcção Regional dos Transportes Aéreos e Marítimos da RAA, o qual têm permitido dar continuidade a essas iniciativas. Um particular agradecimento é devido ao Sr. Eng. José Ribeiro Pinto, ex Presidente do Conselho de Administração da APTG (Administração dos Portos da Terceira e Graciosa), pelo apoio prestado e pela visão que sempre teve sobre as potencialidades que o Porto da Praia da Vitória oferece no domínio do desenvolvimento científico relacionado com a segurança e operações portuárias.

REFERÊNCIAS

Ardhuin, Fabrice (2011) – *Hindcast e testes de validação da nova geração do modelo WaveWatch*. IFREMER; NOAA/NCEP; CCMMG.

Azevedo, E.B.; Paulo M.; Gonçalo V., (2008) - "Projectos CLIMAAT e CLIMARCOST" -- WSCRA08- Março de 2008

Barrera C., Azevedo E.B., Rueda M.J., Gelado M.D. and Llinás O. (2008) - Real-time monitoring network in the Macaronesian region as a contribution to the Coastal Ocean Observations Panel (COOP). *Journal of Operational Oceanography*. Vol. 1. Issue 1: 59-69 .

Esteves R., Valente A.; Costa M.; Reis F.; Azevedo E. B. (2009) – Dados Direccionais de Agitação Marítima nos Açores - 6.^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária – PIANC.

Guilherme, L.; Santos, J. A.; Fortes, C. J. E. M.; Simões, A. (2009): “Validação da metodologia utilizada para a previsão da agitação marítima implementada no projecto MOIA”, *Congresso de Métodos Numéricos en Ingenieria*, Barcelona.

Izan Le Crom, Hector C. Bermejo, Arthur Pecher, Eduardo B. Azevedo, Francisco V. Reis – (2011) Incident wave climate at the OWC Pico plant: Validation of a feed-forward based propagation method (ANN) and a numerical simulation (SWAN) with measured data. *9th European Wave and Tidal energy Conference Series*. University of Southampton.

Neves, D. R.; Santos, J. A.; Fortes, C. J. E. M.; Reis, M. T.; Rodrigues, S.; Simões, A.; Azevedo, E. B. (2010): “Avaliação do risco para a navegação em dois portos portugueses” *Proc. IV SEMENGO, Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica*, 3 a 5 de Novembro, Rio Grande, Brasil.

Pontes T., Bruck M. M., Azevedo E., Lehener S. (2011) – “Study of Sea-State Variability and Wave Groupiness Using TerraSAR-X Synthetic Aperture Radar Data” – *proceedings of 9th European Wave and Tidal energy Conference Series*. University of Southampton.

Pontes M.T., Azevedo E.B., Bruck, M., Lehener S. (2010) – “Use of Spectral Remote Wave Data for Wave Energy Resource Characterization” Instituto hidrográfico. *1^{as} jornadas de Engenharia Hidrográfica*, Lisboa Junho de 2010.

Santos, J.A; Rodrigues S., Pinheiro, L., Neves D.R., Fortes C. J., Reis M.T., Simões, A., Azevedo, E.B. (2010a) – “Managing Wave-Induced Risks in Port Operations” – *ICCCM10 - International Conference on Coastal Conservation and Management in Atlantic and Mediterranean*. Estoril, Portugal.

Santos, J. A.; Guilherme, L.; Fortes, C. J. E. M.; Pinheiro, L. V.; Simões, A. (2009): “Coupling Numerical Models for Wave Propagation in the MOIA Package”, *Journal of Coastal Research*, SI56, 544-548.