



MODELAÇÃO NUMÉRICA: ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE SURFABILIDADE DE UM QUEBRA-MAR DESTACADO MULTIFUNCIONAL EM FRENTE À PRAIA DA VAGUEIRA

Ana MENDONÇA¹, Conceição J.E.M. FORTES², Filipa S.B.F. OLIVEIRA³

1. LNEC, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, amendonca@lneec.pt,

2. LNEC, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, jfortes@lneec.pt

3. LNEC, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, foliveira@lneec.pt

RESUMO

O presente trabalho enquadra-se no estudo de caracterização e definição de parâmetros de dimensionamento e localização de um quebra-mar destacado (QMD), em frente à Praia da Vagueira (Município de Vagos, distrito de Aveiro) que está a ser desenvolvido para a Agência Portuguesa do Ambiente.

Pretende-se que o QMD seja multifuncional contribuindo para reduzir o risco de galgamentos costeiros no aglomerado urbano da Praia da Vagueira; promover o eventual acréscimo do areal da praia emersa em frente à defesa aderente, reforçando a defesa natural contra a erosão e inundação costeira e fomentando o seu maior usufruto pela população e segurança balnear; e ainda criar condições físicas para promover ondas de surf, potenciando a economia associada a esta atividade.

Neste âmbito, e para análise das potencialidades do QMD para promover ondas de surf na zona, aplica-se o modelo não-linear de tipo Boussinesq COULWAVE na simulação da propagação de ondas na zona em estudo, para a situação antes e após a implantação do QMD. Este modelo permite reproduzir a maioria dos fenómenos intervenientes na transformação da onda em fundos de profundidade variável e na presença de correntes: dispersão de frequência, dispersão de amplitude, empolamento (linear e não-linear), difração, refração pelo fundo e devida às correntes, geração de harmónicas e dissipação de energia por rebentação da onda.

Analisa-se os parâmetros de surfabilidade necessários para verificar se as condições na zona são propícias para a prática do surf, nomeadamente o número de Iribarren, ângulo de rebentação, amplificação da onda e o comprimento da linha de rebentação.

Palavras-Chave: quebra-mar destacado; Aveiro; surf; rebentação; COULWAVE.

1. ENQUADRAMENTO

A zona de estudo de aplicação do modelo não linear de tipo Boussinesq COULWAVE (Lynett e Liu, 2004) é a área costeira da Praia da Vagueira que inclui uma defesa frontal aderente de enrocamento, com cerca de 620 m de comprimento e cuja construção se iniciou em 1978, e um esporão, Fig. 1.

A batimetria utilizada teve como fonte o levantamento hidrográfico de 2018 efetuado no âmbito do Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental - COSMO, implementado pela APA (COSMO, 2019).

Os níveis de maré e as condições de agitação testados foram definidos com base no regime de agitação marítima obtido e nos resultados da propagação de ondas desde o largo até à batimétrica correspondente à cota batimétrica de -14 m, Fortes et al. (2020). Foram consideradas algumas condições que, mesmo não sendo as mais frequentes nesta zona, foram apontadas como sendo as mais interessantes para a atividade do surf, mais precisamente, as referentes aos períodos de onda $T=8$ s, 10 s e 12 s. As alturas significativas consideradas foram de 1.5 m, 2.0 m e 3.0 m e os níveis de maré foram NM (+2.17 m ZH), BM (+1.2 m ZH) e PM (+3.04 m ZH).



Fig. 1. Localização da zona de estudo (fonte: Google Earth)

Para a situação sem e com QMD, efectuaram-se simulações numéricas com o modelo COULWAVE. Obtiveram-se, assim, na zona em estudo, entre outros, os valores da altura de onda significativa, H_s , e a posição da linha de rebentação. Com os resultados do modelo numérico, determinaram-se os parâmetros de surfabilidade, nomeadamente o ângulo de rebentação, o comprimento da linha de rebentação e do número de Iribarren, que caracterizam o funcionamento do QMD na prática do surf.

O ângulo de rebentação ao longo da linha de rebentação (α) é definido como o ângulo entre a crista da onda e a linha de rebentação: $\sin \alpha = c/V_s$, onde c é a velocidade de propagação da onda e V_s é a velocidade do surfista. O ângulo de rebentação é ainda definido em relação ao nível de dificuldade na execução de manobras (Walker, 1974).

O comprimento da linha de rebentação também é um parâmetro importante para a prática de surf, exprimindo a distância que os surfistas têm para realizar as suas manobras. Quanto maior esta distância for, mais tempo os surfistas têm para se preparar para as suas manobras e maior e mais complexo será o número de manobras possíveis.

O tipo de rebentação que se adequa ao surf é a mergulhante ou tubular. A definição do tipo de rebentação é obtida através do número de Iribarren, ξ_b , (Battjes, 1974) ao longo da linha de rebentação (Tabela 1).

Tabela 1. Tipo de rebentação em função do número de *Iribarren*

Tipo de rebentação	Número de <i>Iribarren</i>
Progressiva	$\xi_b < 0.4$
Mergulhante	$0.4 < \xi_b < 2.0$
De fundo	$\xi_b > 2.0$

O número de *Iribarren*, ξ_b , por sua vez, é calculado por $\xi_b = s/\sqrt{H_b/L_0}$, em que s representa o declive médio do fundo em relação à direção da onda; L_0 representa o comprimento da onda ao largo; e H_b representa a altura da onda na rebentação.

A amplificação, A , da altura da onda em relação à altura de onda incidente é representada pelo quociente entre H_b , altura de onda na presença do fundo e a $H_{inicial}$, altura de onda incidente.

2. EXPLORAÇÃO DO MODELO

A aplicação do modelo COULWAVE ao caso de estudo iniciou-se pela definição do domínio de cálculo. Foi, no entanto, necessário acrescentar uma zona de profundidade constante para a geração de ondas, requisito necessário ao bom funcionamento do modelo.

As malhas regulares, sem e com QMD, foram construídas de forma a estarem alinhadas com a direção de onda incidente de 283° e, assim, simplificar a introdução do ângulo correspondente à direção de propagação da onda no modelo (Fig. 2).

Quanto às condições de fronteira, admitiram-se fronteiras absorventes à esquerda ($xx=0$) e à direita (zona da costa) do domínio, para absorção das ondas que se propagam desde o interior do domínio para o exterior a fim de evitar reflexão destas, o que poderia interferir com o estudo pretendido. A dimensão destas fronteiras é de um comprimento de onda, variando entre cerca de 100 m e 224 m, para períodos de onda entre $T=8$ s e $T=12$ s, respetivamente. As malhas regulares foram construídas considerando um espaçamento idêntico em ambas as direções, $\Delta x=\Delta y=4.0$ m. A fonte de geração das ondas foi posicionada na zona de profundidade constante, em $xx=250$ m.

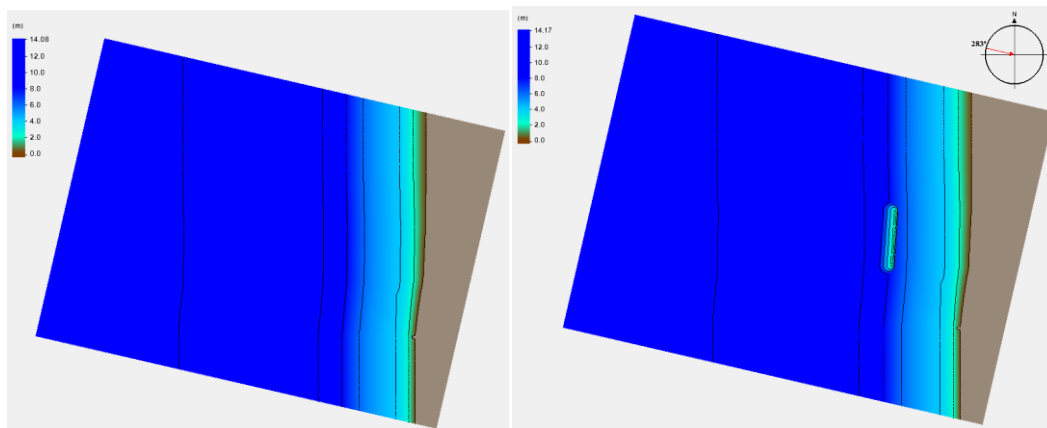


Fig. 2. Malha regular com um ângulo de 283°: sem QMD (esq.), com QMD (dir.).

3. RESULTADOS

Para as condições de agitação marítima definidas e para as situações sem e com QMD, efectuaram-se cálculos com o modelo COULWAVE. Obtiveram-se, para cada condição de agitação, os valores das alturas de onda significativa (Fig. 3 esq.), bem como da posição da linha de rebentação (Fig. 3 dir.). Identificam-se, na Fig. 3 esq, duas linhas azuis a tracejado, referentes à zona do esporão ($Y=450$ m) e à zona do QMD ($Y=856$ m).

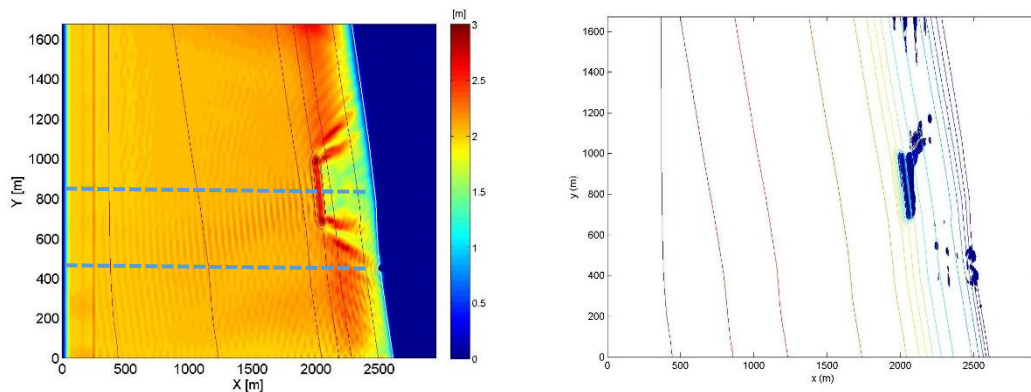


Fig. 3. Altura significativa (esq.); Zonas de rebentação (dir.).

Na Fig. 4 apresenta-se a variação da altura significativa na zona do esporão e na zona do QMD.

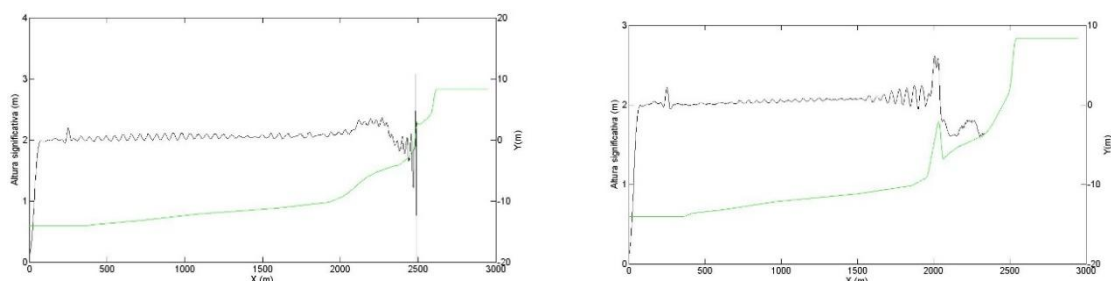


Fig. 4. Variação da altura significativa: na zona do esporão (Y=450 m esq.); na zona do QMD (Y=856 m) (dir.).

Na Tabela 2 apresentam-se os valores do número de Iribarren ao longo do QMD (pontos P1 a P7), para a condição de agitação NM, H=2 m e T=10 s.

Tabela 2. Altura de rebentação, declive e número de Iribarren ao longo do QMD.

Lo=156m	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Hb (m)	2.8790	2.6591	2.6398	2.5938	2.6099	2.6020	2.6398
Declive	0.0821	0.0805	0.0734	0.0718	0.0756	0.0737	0.0665
Nº de Iribarren	0.6047	0.6165	0.5639	0.5862	0.5844	0.5708	0.5109

Os resultados apresentados mostram que a implantação do QMD altera o padrão das ondas e da rebentação na zona próxima ao QMD, como seria de esperar. Quanto ao tipo de rebentação, com base nos valores do número de Iribarren, prevê-se uma rebentação do tipo mergulhante ($0.4 < \xi_b < 2.0$) na zona da estrutura.

AGRADECIMENTOS

Os resultados do presente estudo decorrem do Programa coordenado pela APA e cofinanciado pelo POSEUR - Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos. Agradecem também à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) o financiamento proporcionado pelos projetos To-SEAlert, Ref. PTDC/EAM-OCE/31207/2017 e BSafe4Sea, Ref. PTDC/ECI-EGC/31090/2017.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Battjes, J.A., 1974. Computation of set-up, longshore currents, run-up and overtopping due to wind-generated waves. Ph. D. thesis. Technical University of Delft.
- COSMO, 2019 – Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental, acessível em: <https://cosmo.apambiente.pt/> (último acesso 19.12.2019).
- Fortes, C.J.E.M., Neves, M.G., Capitão, R., Pinheiro, L. (2020) Avaliação do galgamento costeiro sem e com um quebra-mar destacado na frente da praia da Vagueira. 6as Jornadas de Engenharia Hidrográfica / 1as Jornadas Luso-Espanholas de Hidrografia.
- Lynett, P.J.; Liu, P. L.-F., 2004. Modelling wave generation, evolution and interaction with depth – Integrated Dispersive wave equations – COULWAVE Code Manual, Cornell University Long. Inter. Wave Modelling Package.
- Walker, J. R., 1974. Recreational surf parameters. Technical Report, University of Hawaii, James K.K. Look Laboratory of Oceanographic Engineering.