

# Ensaio em Modelo Físico para Análise do Surf na Praia da Vagueira

Ana Mendonça<sup>1</sup>, Conceição J.E.M. Fortes<sup>1</sup>, Francisco Duarte<sup>2</sup>, Rui Reis<sup>1</sup>, César Costa<sup>1</sup>, Carlos Caeiro<sup>2</sup>

(1) Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. Do Brasil 101, 1700-066, Lisboa, Portugal.

(2) Escola Profissional de Ciências Geográficas, Edifício 1, R. Artilharia 1 107, Piso 1, 1099-052 Lisboa, Portugal

**Resumo:** No LNEC foram realizados ensaios em modelo físico 3D, para analisar as condições hidrodinâmicas em torno de um quebra-mar destacado (QMD) submerso, para um nível de maré médio no âmbito do Estudo de caracterização e viabilidade de um quebra-mar destacado multifuncional em frente à Praia da Vagueira (realizado para a Agência Portuguesa do Ambiente). Um dos objetivos deste QMD era potenciar a criação de ondas de referência para o surf, e consequente reforço da economia associada a esta atividade. Para esta vertente do surf, neste artigo, descrevem-se os ensaios complementares de hidrodinâmica considerando níveis de maré de preia-mar e de baixa-mar e analisa-se a influência de diferentes condições de agitação e níveis de maré nas condições de rebentação da onda e nos parâmetros de surfabilidade (amplificação de onda, comprimento da linha de rebentação e tipo de rebentação). O QMD contribuiu, para certas condições, que a rebentação seja do tipo mergulhante e ocorra de forma gradual sendo adequada para a prática de surf.

**Palavras-chave:** Quebra-mar destacado, Surf, Vagueira, Ensaio 3D

## 1. INTRODUÇÃO

Para determinadas condições de agitação marítima e nível de maré, são frequentes os eventos de galgamentos costeiros no aglomerado urbano e a ocorrência de problemas de erosão em certas zonas da praia da Vagueira.

Para contrariar esta situação, foram efetuados no LNEC (a pedido da Agência Portuguesa do Ambiente, APA) um conjunto amplo de estudos em modelo numérico e físico para caracterizar e analisar a viabilidade de um quebra-mar destacado (QMD) multifuncional em frente à Praia da Vagueira.

Os objetivos estabelecidos para esse QMD multifuncional foram que contribuísse para reduzir o risco de galgamentos costeiros no aglomerado urbano da Praia da Vagueira, promover o acréscimo do areal da praia emersa em frente à defesa aderente, reforçando a defesa natural contra a erosão e inundação costeira, e potenciar a criação de ondas de referência para o surf, e consequente reforço da economia associada a esta atividade.

Na vertente do surf e dos estudos de modelação física, foram efetuados um conjunto de ensaios em modelo físico 3D para analisar as condições hidrodinâmicas em torno de um quebra-mar destacado (QMD) submerso, Sancho et al. (2021) e Mendonça et al. (2022). Testaram-se condições de agitação regular e irregular, com períodos de 10 s e 12 s, e alturas de onda de 1.5 a 2.0 m, para o nível de maré correspondente ao nível médio, NMM=+2.17 m (ZH).

No seguimento daqueles trabalhos que, entretanto, finalizou, foram efetuados ensaios complementares considerando níveis de maré de preia-mar e de baixa-mar.

No presente trabalho descrevem-se os ensaios de hidrodinâmica realizados para estes 2 níveis de maré e analisa-se a influência de diferentes condições de agitação e níveis de maré nas condições de rebentação da onda e nos parâmetros de surfabilidade (amplificação de onda, comprimento da linha de rebentação e tipo de rebentação).

## 2. MÉTODOS

### 2.1. Caso de estudo - Vagueira

A zona de estudo 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, Figura 1.



Figura 1. Imagem de satélite da praia da Vagueira

Como referido, pretende-se potenciar o surf na zona da praia da Vagueira, entre outros objetivos, pelo que os estudos em modelo numérico e físico conduziram a uma proposta de QMD, com 300 m de comprimento, coroamento à cota +0.34 m (ZH) e a uma distância da linha de costa de 400 m, Sancho et al. (2019) e Oliveira et al (2020). A cota de implantação varia entre -3 e os -7 m (ZH). A largura do coroamento é de 10 m. A distância do eixo transversal ao alinhamento do esporão da Vagueira é de 460 m. A inclinação do talude de barlar é de 1:10 e do talude de sotamar de 1:2.

Para o surf, a orientação proposta do QMD é oblíqua a 45° graus relativamente à linha de costa.

## 2.2. Ensaios em modelo físico

Os ensaios em modelo físico foram realizados nas instalações experimentais do Departamento de Hidráulica e Ambiente do LNEC, no tanque de ondas irregulares com aproximadamente 23.0 m de comprimento por 20.0 m de largura. A geração de ondas foi feita com recurso a dois geradores de ondas irregulares cujas pás têm 6.0 m de largura e 0.8 m de altura.

O modelo foi construído e explorado de acordo com a lei de semelhança de Froude a uma escala geométrica de 1/65. O modelo físico foi implantado sobre fundo móvel que reproduz as condições do protótipo desde uma batimétrica da ordem de -12 m (ZH) até junto à costa. A Figura 2 mostra a planta do modelo físico executado, a posição das linhas batimétricas do fundo e dos geradores de ondas e a posição do QMD oblíquo a 45° à linha de costa.

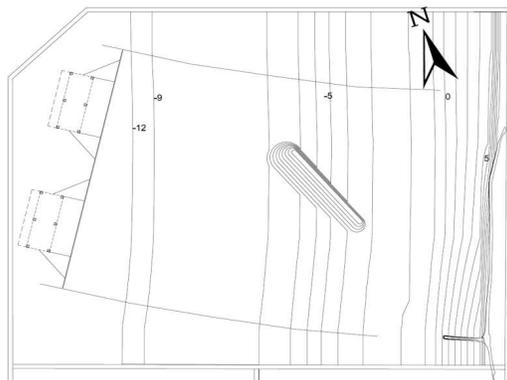


Figura 2. Planta da implantação

Este QMD foi construído à escala reduzida em módulos de betão com uma rugosidade exterior o mais aproximada possível da de um manto de enrocamento, Figura 3.

Para a medição da agitação marítima no modelo físico, utilizaram-se sondas resistivas (Figura 4). Foram utilizadas 8 sondas, duas em frente ao gerador (S1 e S2) para confirmação das alturas e períodos de onda incidentes e 6 sondas que foram colocadas em diferentes pontos assinalados no modelo físico (S3 a S8).

Assim, foram colocadas 6 sondas (S3 a S8) ao longo de um dado perfil (P3 a P7) definidos no tanque e distanciadas entre si de 1 m. Estas sondas foram colocadas em suportes fixos num carro móvel de forma a poderem mudar de posição na direção paralela à direção de propagação das ondas, Figura 4.



Figura 3. Modelo físico, com o QMD rodado de 45° em relação à linha de costa

Os registos fotográficos e em filme foram feitos com recurso a máquinas fotográficas de utilização corrente. Foram também instaladas 2 câmaras de filmar para análise da localização, comprimento e tipo de rebentação na zona do QMD e na costa associados a cada condição de agitação marítima incidente, Figura 5.

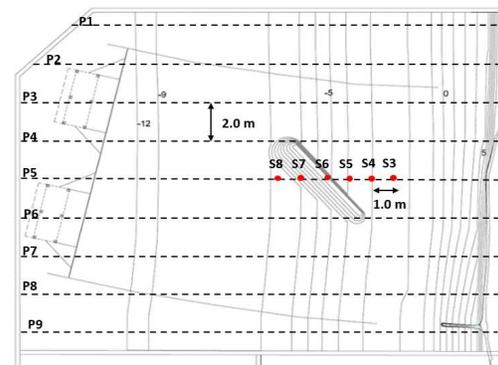
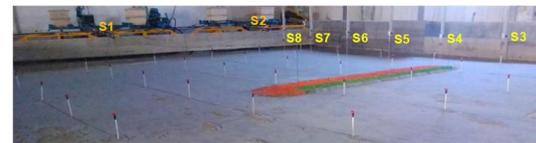


Figura 4. Equipamento experimental (sondas) e esquema com o posicionamento das sondas



Figura 5. Equipamento experimental (máquina fotográfica e de filmar)

Foram realizados ensaios de agitação irregular e regular com os níveis de baixa-mar e preia-mar de água, BM (+1.18 m ZH) e PM (+3.05 m ZH), e rumo de 296°N. As condições de agitação (regular e

irregular) selecionadas foram: alturas de onda  $H_s=H=1.5, 2$  e  $3$  m e períodos  $T=T_p=10$  e  $12$  s. Os ensaios com ondas regulares e irregulares tinham uma duração de  $5$  min e  $22$  min, respetivamente.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os registos medidos em cada sonda, foi efetuada uma análise espectral dos sinais, para obtenção da altura de onda significativa e período de pico respetivos. Com base nesses valores, foram calculados índices de agitação através da relação entre a altura de onda significativa medida em cada um dos pontos referidos anteriormente e a média das alturas de onda significativas registadas nas duas sondas colocadas à saída do gerador ( $H/H_0$ ), situadas na batimétrica  $-12.0$  m (ZH), para cada ensaio.

A identificação da posição da linha de rebentação foi baseada na observação visual e nas filmagens efetuadas durante os ensaios, que permitiram ainda a análise do comprimento e tipo de rebentação na zona do QMD.

Na Figura 6 e Figura 7 apresentam-se os índices de agitação obtidos nos ensaios de BM e PM, com  $T=12$  s, para diferentes alturas de onda incidente e para os perfis P4 e P5 (apresentados na Figura 4). Nestes gráficos, o eixo das abcissas tem início na linha de costa e a cota batimétrica dos perfis (à escala do protótipo) tem a sua origem à cota  $-9$  m (ZH).

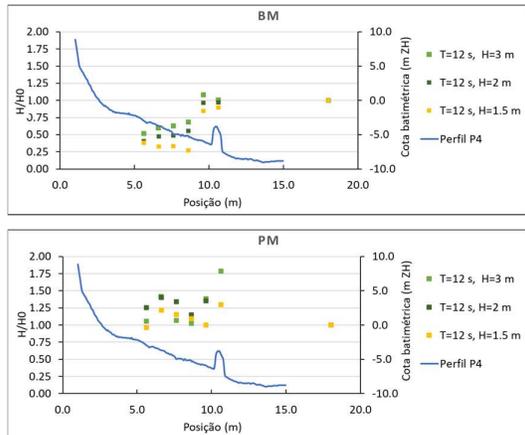


Figura 6. Perfil P4. Índices de agitação para BM (cima) e PM (baixo),  $T=12$  s,  $H=1.5, 2$  e  $3$  m

No que se refere à influência da altura de onda nos resultados obtidos (Figura 6 e Figura 7) verifica-se, de um modo geral, que à medida que a altura da onda aumenta, aumenta o índice de agitação, como esperado. No perfil P4 (Figura 6) a rebentação ocorre sobre a estrutura (coroamento e talude de sotamar) e no perfil P5 (Figura 7) a rebentação ocorre no talude de barlamar. É de notar que a secção do QMD no perfil P4 encontra-se a uma maior profundidade, a rebentação ocorre sobre a estrutura ou no talude de sotamar. O QMD no perfil P5 está a uma menor

profundidade, em relação ao perfil P5, ocorrendo a rebentação da onda no talude de barlamar.

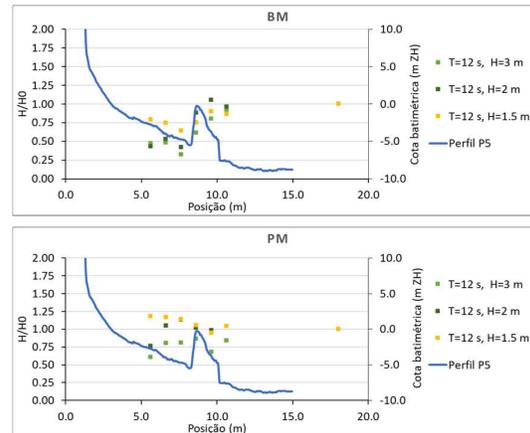


Figura 7. Perfil P5. Índices de agitação para BM (cima) e PM (baixo),  $T=12$  s,  $H=1.5, 2$  e  $3$  m

Figura 8 e Figura 9 apresentam-se os índices de agitação obtidos nos ensaios de BM e PM, com  $H=1.5$  m, para os períodos de onda incidente,  $T=10$  s e  $T=12$  s, para os perfis P4 e P5.

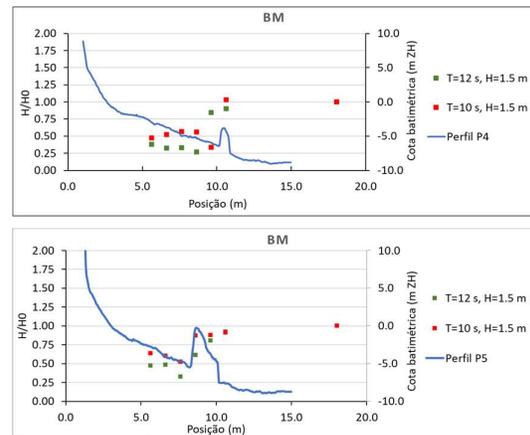


Figura 8. BM. Índices de agitação para P4 (cima) e P5 (baixo),  $T=10$  e  $12$  s,  $H=1.5$  m

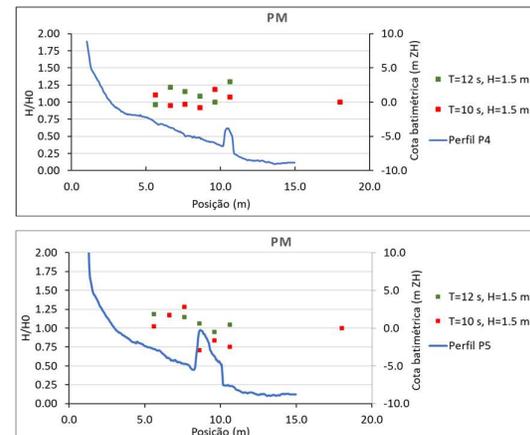


Figura 9. PM. Índices de agitação para P4 (cima) e P5 (baixo),  $T=10$  e  $12$  s,  $H=1.5$  m

Com base na Figura 8 e Figura 9, verifica-se que para o nível de BM, para os dois períodos de onda, no perfil P4, a rebentação ocorre no talude de sotamar da estrutura e, no perfil P5, a rebentação ocorre sobre a estrutura. Para o nível de PM não é evidente a existência de rebentação nos perfis P4 e P5.

Na Figura 10 apresenta-se a linha de rebentação observada nos ensaios com BM e PM, para as condições de agitação regular  $T=12$  s, com  $H=1.5$  a  $3$  m.

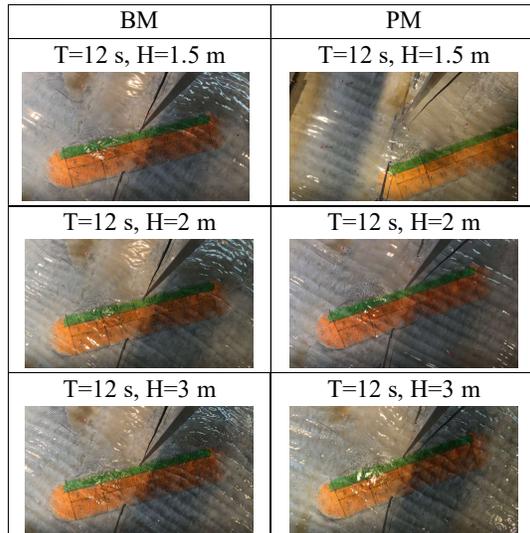


Figura 10. Linha de rebentação para BM (esq.) e PM (dir.),  $T=12$  s e  $H=1.5$  a  $3$  m

Verifica-se que as frentes de onda tenderam a ajustar-se à batimetria do QMD, alterando-se a direção de propagação da onda e as condições de rebentação, tornando as mais apropriadas para a prática de surf.

Para o nível de BM a rebentação dá-se sobre a estrutura, é do tipo mergulhante e ocorre de forma gradual, sendo assim adequada para a prática de surf. Para o nível de PM,  $T=10$  e  $12$  s e  $H=1.5$  m, não se observa rebentação junto à estrutura. Para as condições de agitação  $T=12$  s e  $H=2$  e  $3$  m, a rebentação dá-se sobre a estrutura, é do tipo mergulhante e ocorre de forma gradual, sendo assim adequada para a prática de surf.

#### 4. CONCLUSÕES

Apresentam-se neste artigo os ensaios realizados para analisar a influência da orientação de um QMD relativamente à linha de costa - com uma obliquidade de  $45^\circ$  - nas condições de rebentação da onda e nos parâmetros de surfabilidade.

Dos resultados experimentais relativos aos índices de agitação e da análise visual dos ensaios é possível concluir que, para as condições de agitação ensaiadas:

- O QMD tem influência sobre as condições de rebentação, levando a que estas ocorram na zona próxima ou sobre o QMD;

- Ocorreu um aumento dos índices de agitação na zona do QMD devido à diminuição de profundidade e empolamento da onda, com posterior ocorrência de rebentação;
- Relativamente à linha de rebentação observada nos ensaios, para as condições de agitação regular ensaiadas a rebentação é do tipo mergulhante e ocorre de forma gradual sendo adequada para a prática de surf.

#### Agradecimentos

Os resultados decorrem parcialmente do Programa coordenado pela Agência Portuguesa do Ambiente e cofinanciado pelo POSEUR - Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (referência POSEUR-02-1809-FC-000039). Agradece-se aos projetos Bsafe4Sea (Ref. PTDC/ECI-EGC/31090/2017), EWCOAST (ALG-LISBOA-01-145-FEDER-028657) e To-SEAlert (Ref. PTDC/EAM-OCE/31207/2017).

#### REFERENCES

- Mendonça, A.; Martinez, C., Neves, M.G.; Fortes, C.; Reis, R.; Bicudo, P.; Sancho, F. (2022). Modelação física de um quebra-mar destacado com diferentes ângulos de implantação: análise comparativa das condições de surfabilidade. 10as JPECP. Sines, 7 e 8 de abril de 2022.
- Oliveira, F.S.B.F., Sancho, F., Neves, M.G., Coelho, C., Pinheiro, L., Fortes, C.J.E.M., Teixeira, S., Pombo, R., Reis, M.T. (2020). Estudo de caracterização e viabilidade de um quebra-mar destacado multifuncional em frente à Praia da Vagueira. (T1) Estudos em modelo matemático: Alternativas de quebra-mar destacado para proteção contra galgamentos e erosão costeira – Relatório 8. Rel. 231/2020, LNEC.
- Sancho, F.; Neves, M.G.; Fortes, C.J.E.M.; Capitão, R. (2019). Estudo de um quebra-mar destacado multifuncional em frente à praia da Vagueira. (T1) Estudos em modelo matemático: Memória descritiva – Relatório 4. Rel. 408/2019, LNEC.
- Sancho, F., Neves, M.G., Fortes, C.J.E.M., Silva, L.G. (2021). Estudo de caracterização e viabilidade de um quebra-mar destacado multifuncional em frente à praia da Vagueira. (T2) Estudos em modelo físico reduzido: Estabelecimento do modelo físico – Relatório 12. Rel. 408/2021, LNEC.