



PRAIA DA VAGUEIRA: RECOMENDAÇÕES DO ESTUDO DE VIABILIDADE DE CONSTRUÇÃO DE UM QUEBRAMAR DESTACADO MULTIFUNCIONAL

Francisco Sancho¹; Paula Freire¹; M. Graça Neves², Filipa Oliveira¹; Ana Mendonça¹; Conceição Fortes¹; Peter Roebeling³; Paulo Baptista³

(1) Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica e Ambiente

(2) CERIS, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

(3) Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM), Universidade de Aveiro

fsancho@lnec.pt, pfreire@lnec.pt, mg.neves@fct.unl.pt, foliveira@lnec.pt, amendonca@lnec.pt, ifortes@lnec.pt, peter.roebeling@ua.pt, renato.baganha@ua.pt

Resumo

Nesta comunicação apresentam-se os principais resultados e recomendações resultantes do “Estudo de caracterização e viabilidade de um quebramar destacado multifuncional em frente à Praia da Vagueira”. A discussão dos resultados identifica também as principais incertezas que influenciam a eficácia e a viabilidade técnico-económica de eventual obra, relativamente ao cumprimento dos seus pressupostos.

1. Introdução

O Programa da Orla Costeira (POC) Ovar-Marinha Grande (APA, 2016) permite a “...*criação de novas estruturas de defesa, com o desenvolvimento de zonas piloto, em áreas críticas, onde se possam testar soluções inovadoras, como quebramares destacados submersos.*” Estas soluções poderão ter particular interesse nos locais com maior predominância (e negativas consequências) da ocorrência de galgamentos oceânicos, como no Furadouro ou na Vagueira.

Assim, em 2018, a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), após concurso, contratou o Consórcio constituído pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Universidade de Aveiro (UA) e Instituto Superior Técnico (IST) para a realização do “*Estudo de caracterização e viabilidade de um quebramar destacado multifuncional em frente à Praia da Vagueira*”. Este estudo teve como objetivo: a caracterização e a definição de parâmetros de dimensionamento e localização de um quebramar destacado (QMD), em frente à Praia da Vagueira, cujos resultados consistiam na: apresentação de alternativas e soluções para um QMD; definição de um esquema da solução preliminar e sua localização; indicação dos principais condicionamentos; e informação sobre a eventual necessidade de obtenção de elementos adicionais para a execução do Projeto da obra.

Os métodos e conceção do programa de trabalhos do estudo foram estabelecidos tendo como objetivos, por ordem decrescente de importância: i) a redução do risco de galgamento; ii) a eventual promoção do areal da praia emersa a sotamar do quebramar e, iii) a melhoria das condições locais, induzidas pela obra marítima, para a prática de surf.

2. Alternativas selecionadas para o quebramar destacado

Identificou-se que a principal dificuldade relativa ao pré-dimensionamento dos parâmetros físicos de um QMD submerso prende-se com a compatibilização entre as funções de obra de defesa costeira e de geração de ondas de qualidade para a prática do surf. A pesquisa bibliográfica, as experiências mundiais (ine/)existentes, a identificação dos casos de sucesso e de insucesso e os condicionantes impostos pelo litoral da Vagueira, permitiram identificar um conjunto de valores preliminares para os parâmetros mais relevantes relativos à configuração do QMD da Praia da Vagueira (Sancho *et al.*, 2019a). Adicionalmente, especificaram-se os critérios de projeto relativamente à proteção contra galgamentos e redução da erosão costeira (Sancho *et al.*, 2019b), dando origem a uma pormenorização dos parâmetros de pré-dimensionamento. Destes, relevam a distância do QMD à linha de costa, o comprimento do QMD e nível de submersão (ou a cota do coroamento). Selecionaram-se assim dez configurações com diferentes posições e comprimentos de um QMD linear, cujo desempenho foi analisado através de modelação matemática.



3. Condicionantes locais

Do conjunto dos dados analisados, destaca-se que o setor em estudo tem uma elevada dinâmica sedimentar, pela variabilidade interanual dos fundos adjacentes à praia da Vagueira e pela variabilidade longitudinal das taxas de evolução da linha de costa, dependente dos forçamentos oceanográficos (eventos extremos) e das fontes sedimentares (intervenções de alimentação artificial). Estas dependências são também observadas na localização e dinamismo (transversal, longitudinal e vertical) das barras submersas, o que deverá ser tido em consideração na construção de um QMD na Vagueira.

Embora a linha de costa tenha sido fixada artificialmente na frente urbana da praia da Vagueira há várias décadas, é fundamental a manutenção do cordão dunar a norte e a sul daquela, para não perigar a sua continuidade longitudinal. Para essa manutenção é expectável que programas regulares de reforço do cordão dunar, além de intervenções de saturação da deriva, sejam realizados com o objetivo de evitar reduções de largura da barreira. Qualquer obra que venha a ser realizada, como um QMD, deve ter em conta os elevados volumes de transporte sólido necessários para a manutenção da deriva litoral, não só a barlar como a sotamar da Vagueira, e expectáveis alterações à dinâmica sazonal e interanual dos fundos.

4. Redução do risco de galgamentos costeiros

Para a situação atual, existe um risco de galgamento insignificante ao longo de toda a defesa longitudinal aderente, exceto na zona coincidente com a curvatura daquela estrutura, onde se obteve risco reduzido (i.e., o risco pode ser considerado aceitável/tolerável caso se selecione um conjunto de medidas para o seu controlo). Para as diferentes soluções de QMD, verificou-se que qualquer uma delas conduz a uma redução significativa do caudal médio galgado máximo e do número de eventos de galgamento. O risco mantém-se ou reduz-se face à situação atual, não sendo preciso levar a cabo medidas de controlo de risco.

As configurações de QMD que conduzem a menor frequência e menor caudal de galgamento são aquelas com uma distância à linha de costa de 300 m e com comprimento entre 200 m e 300 m. A solução de QMD c300d400 (comprimento=300 m, distância à linha de costa=400 m) também apresenta valores reduzidos do caudal médio galgado e do número de eventos de galgamento, com risco de galgamento insignificante em toda a defesa aderente.

5. Promoção do acréscimo da praia

Todas as configurações de QMD analisadas numericamente induzem o crescimento de um saliente, cuja largura máxima varia, aproximadamente, entre 10 e 60 m, dependendo das características geométricas do QMD, do coeficiente de transmissão, K_t , e das características da agitação marítima incidente. A solução de QMD c300d400, paralelo à costa, foi a que melhor compatibiliza os resultados numéricos da redução do risco de erosão e promoção do acréscimo de praia com o da redução do risco de galgamento, tendo sido explorada em modelo físico. Os resultados dos ensaios indicam $K_t \approx 0,77$ para uma estrutura com a cota de coroamento, h_c , igual a +0,34 m (ZH), o qual é mais elevado que o desejável. Nestas condições, estimou-se o desenvolvimento de um saliente, para o QMD c300d400, da ordem de 10 a 20 m (considerando os resultados numéricos e de modelação física, e as incertezas que lhes estão associadas). O QMD c300d400 oblíquo 45° à praia conduz à formação de dois salientes na zona protegida, de dimensões semelhantes ao saliente único formado com a solução de QMD paralelo à praia. Estes QMD podem favorecer a formação de correntes de circulação de elevada magnitude na zona adjacente, que poderão pôr em causa a segurança de banhistas.

6. Promoção de ondas de surf de referência

Para a situação atual, sem QMD, a rebentação das ondas dá-se junto à linha de costa (até cerca de 100 m) e é do tipo progressivo, sendo adequada para a prática de surf para iniciantes. Para o caso com QMD c300d400 paralelo à praia, verifica-se que a rebentação se localiza ao longo



da estrutura e é do tipo mergulhante. Obtêm-se ainda ângulos de rebentação próximos de 0° que, em conjunto com rebentação mergulhante, não propiciam condições adequadas para a prática de surf. Neste caso, junto à costa, as condições de surf poderão piorar na zona de sombra do QMD. Para o caso do QMD c300d400 oblíquo 45°, a rebentação dá-se sobre cerca de metade da estrutura e é do tipo mergulhante. Os ângulos de rebentação variam entre 40°-50°, sendo adequados à prática de surf por surfistas experientes e profissionais. No entanto, as condições de surf junto à costa poderão piorar na zona de sombra do QMD.

7. Análise custo-benefício

Excluindo o valor potencial do surf, a análise custo-benefício de 4 soluções de configuração (Pombo *et al.*, 2022) permitiu concluir que o cenário c300d400, paralelo à costa, é economicamente inviável no horizonte temporal de 20 anos. De 4 alternativas analisadas, somente a solução c200d200 parece ser economicamente viável. Uma configuração de QMD submerso que resulte em ondas propícias para a prática do surf e igualmente eficaz sobre os restantes pontos de vista, i.e., uma configuração próxima da c300d400 oblíqua 45° à costa, o valor potencial adicional do surf tornaria o cenário c300d400 também potencialmente viável.

Note-se, contudo, que existe elevada margem de incerteza relativa a estas projeções. Em particular, a análise efetuada acarreta elevada incerteza nas estimativas dos custos de investimento inicial e de manutenção do QMD, os quais só poderão ser melhor estimados em fase de projeto da obra.

8. Limitações ao desempenho e oportunidades associadas à construção de um QMD

Identificou-se que a cota de coroamento de um QMD submerso é primordial no seu desempenho na promoção de um saliente. É expectável que uma estrutura marítima deste tipo, por exemplo de construção convencional com núcleo TOT, camadas de filtro e camada de proteção (em enrocamento ou blocos artificiais), sofra assentamentos quer pela interação com o fundo móvel de areia, quer por rebaixamento das camadas superiores pelas sucessivas ações de temporais marítimos. Isto suscita a preocupação da manutenção da eficácia da estrutura ao longo do seu tempo de vida. Seria assim recomendável a eventual construção de um QMD com maior cota de coroamento que a inicialmente projetada, de forma a garantir maior eficácia no seu tempo de vida.

Outra preocupação associada à construção de um QMD é a dificuldade previsível da execução de operações de manutenção. Qualquer estrutura marítima exige manutenção de forma a manter a sua eficácia para o cumprimento dos objetivos para que foi projetada. No caso de um QMD desenraizado da costa, prevê-se que as operações de manutenção tenham de ser efetuadas por via marítima, o que dadas as condições locais teria vários entraves (por ex., a “janela temporal” para execução da obra) e elevados custos.

Por fim, realce-se que existe uma tendência atual de construção de obras marítimas multifuncionais, com características de otimização de diferentes funções, em particular, na promoção de habitats para espécies marinhas. Assim, a eventual construção de um QMD poderia constituir uma oportunidade para construção de uma “blue-green structure” e para o estudo e demonstração do seu desempenho, em múltiplas vertentes (incluindo, como referido, o aumento de biodiversidade).

9. Conclusões e recomendações sobre a solução final de quebramar destacado

Conclui-se que é tecnicamente viável a implantação de um quebramar destacado submerso na Praia da Vagueira, mas existem várias restrições. Os QMD, como todas as obras fixas, não permitem resolver o problema de déficit sedimentar responsável pelo processo erosivo neste trecho da costa portuguesa, mas apenas proporcionariam uma proteção local onde ela possa ser mais necessária (neste caso, no núcleo urbano da Praia da Vagueira). Em perspetiva, entre novembro de 2018 a abril de 2021, a zona central da Praia da Vagueira tem evoluído no sentido



de apresentar uma tendência de acreção e de ganho do volume da praia emersa, a qual pode estar relacionada com as intervenções de alimentação artificial efetuadas a barlamar, na Costa Nova (volume depositado da ordem dos 3.4 Mm³, naquele período).

A solução de QMD submerso paralelo à costa c300d400 é a que, tecnicamente, melhor compatibiliza a redução do risco de erosão e de promoção do acréscimo de praia com o da redução do risco de galgamento. No entanto, esta solução é desadequada para a prática de surf e economicamente inviável no horizonte temporal de 20 anos. Das configurações avaliadas, e excluindo o valor económico do surf, unicamente a solução com menores custos (comprimento e distância à linha de costa de 200 m) é que origina um Valor Atual Líquido positivo ao fim de cerca de 10 anos. Um QMD submerso oblíquo à costa (com orientação próxima dos 45°) originaria uma melhoria das ondas para a prática do surf e o valor económico potencial adicional do surf, provavelmente, viabilizaria a obra c300d400, no horizonte temporal de 20 anos.

Alerta-se para o previsível assentamento do QMD ao longo do período de vida útil da obra. Assim, recomenda-se a execução de um QMD submerso com a cota de coroamento inicial próxima da cota do nível de baixa-mar médio (+1,18 m ZH), reduzindo também o coeficiente de transmissão para valores mais desejáveis ($K_d \in [0.4, 0.7]$), potenciando ainda o crescimento de um saliente de maiores dimensões (largura da ordem de 30 m). Por outro lado, a localização do eventual QMD está claramente na zona de desenvolvimento das barras submersas, o que aponta para um potencial conflito entre a implantação do QMD e a mobilidade natural daquele sistema.

Face ao nível de incertezas e de condicionantes à construção de um QMD neste local, recomenda-se, por fim, estudar em pormenor soluções de intervenção alternativas e comparar a viabilidade (técnico-económica) da construção de um QMD submerso (isoladamente ou em combinação com outras medidas) com a da realização de operações de alimentação artificial ou de alterações das atuais estruturas.

Agradecimentos

Os resultados da presente comunicação decorrem do Programa coordenado pela APA e cofinanciado pelo POSEUR -02-1809-FC-000039. Os autores agradecem ainda o contributo de todos os restantes participantes na equipa que efetuou o estudo, bem como as discussões técnicas realizadas com os técnicos da APA que o acompanharam, nomeadamente, os Eng. Bruno Pires, Dr. Celso Pinto e Eng. António Rodrigues.

Referências Bibliográficas

- APA (2016). "Relatório do Programa",
https://apambiente.pt/sites/default/files/SNIAMB_Agua/DLPC/POC/POC_OMG/v_final/3_P_OCOMG_Relatorio.pdf
- Pombo, R., Roebeling, P.C., Coelho, C.D., Sancho, F. (2022). Estudo de caracterização e viabilidade de um quebra-mar destacado multifuncional em frente à Praia da Vagueira. (T4) Análise custo-benefício da melhor solução técnica e conjunto de soluções alternativas – Relatório 11. LNEC - Proc. 0604/121/21221. Relatório 345/2021 – DHA/NEC, versão revista.
- Sancho et al. (2019a). Estudo de caracterização e viabilidade de um quebra-mar destacado multifuncional em frente à Praia da Vagueira: (T0) Revisão do estado de arte – Relatório 2. LNEC - Proc. 0604/121/21221. Relatório conjunto 248/2019 – DHA/NEC.
- Sancho et al. (2019b). Estudo de um quebra-mar destacado multifuncional em frente à praia da Vagueira. (T1) Estudos em modelo matemático: Memória descritiva – Relatório 4. LNEC - Proc. 0604/121/21221. Relatório 408/2019 – DHA/NEC.