

EFICÁCIA DA ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL NA PROTEÇÃO DE UMA PRAIA – CASO DE ESTUDO

Filipa Simões de Brito Ferreira de Oliveira

Laboratório Nacional de Engenharia Civil, e-mail: foliveira@lnec.pt

Palavras-chave: Morfodinâmica; Erosão costeira; Gestão de praia

Enquadramento e objetivo

As alterações climáticas induzidas pelo aquecimento global e a pressão antropogénica sobre o litoral deverão aumentar a erosão e inundação costeira (Vousdoukas *et al.*, 2020; Defeo *et al.*, 2021). As primeiras enfraquecem as praias através da subida do nível do mar, do aumento da frequência de tempestades e eventos de inundação, e a segunda através da limitação da variação natural da largura da praia devida à ocupação da frente marítima com infraestruturas urbanas.

A alimentação artificial de praias tem aumentado em popularidade como estratégia de proteção costeira contra o fenómeno de erosão aguda e crónica resultante de tempestades e desequilíbrios no transporte longitudinal. O enchimento pode ser colocado em três zonas dentro do perfil ativo: a zona subaérea (face, berma e topo de praia); a zona de rebentação; e a zona ativa ao largo da zona de rebentação. Na prática, a localização do enchimento depende de considerações estratégicas, tais como a viabilidade económica baseada em análises de custo-benefício, a origem do material de enchimento e o objetivo do enchimento (por exemplo, reabilitação de uma face de praia erodida ou fornecimento de alimentação a longo prazo).

O objetivo deste estudo é contribuir para a melhor compreensão da alimentação artificial na proteção de praias contra tempestades, a resposta de praias a tempestades e a influência da tipologia do limite superior da praia (defesa aderente *versus* duna) nessa resposta. A concretização deste objetivo permitirá uma melhor compreensão da dinâmica sedimentar das praias da Costa da Caparica e orientação cientificamente fundamentada sobre futuras estratégias de proteção a curto e médio prazo baseadas em alimentação artificial.

Zona de estudo

A zona costeira em análise é a praia da Costa da Caparica, perto de Lisboa, Portugal (Figura 1). Está situada a sul do Estuário do Tejo, o segundo-maior estuário da Europa ocidental.

A praia sofre de erosão crónica e apresenta dinâmica hidrosedimentológica complexa, não apenas devida às trocas de sedimentos com o banco de areia da margem sul da embocadura do estuário do Tejo, mas também pela presença de um campo de esporões e de um limite superior de praia multitipológico (defesa longitudinal aderente e duna).

A linha de costa tem um comprimento total de 3,4 km. No setor norte, praia de S. João (entre os esporões EV1 e EC7), com comprimento 1,4 km, prevalece um sistema natural no topo de praia, i.e., duna. Os setores central e sul (entre os esporões EC1 e EC7), com 2 km de comprimento, são constituídos por defesa longitudinal aderente no topo de praia e designados por praias urbanas.

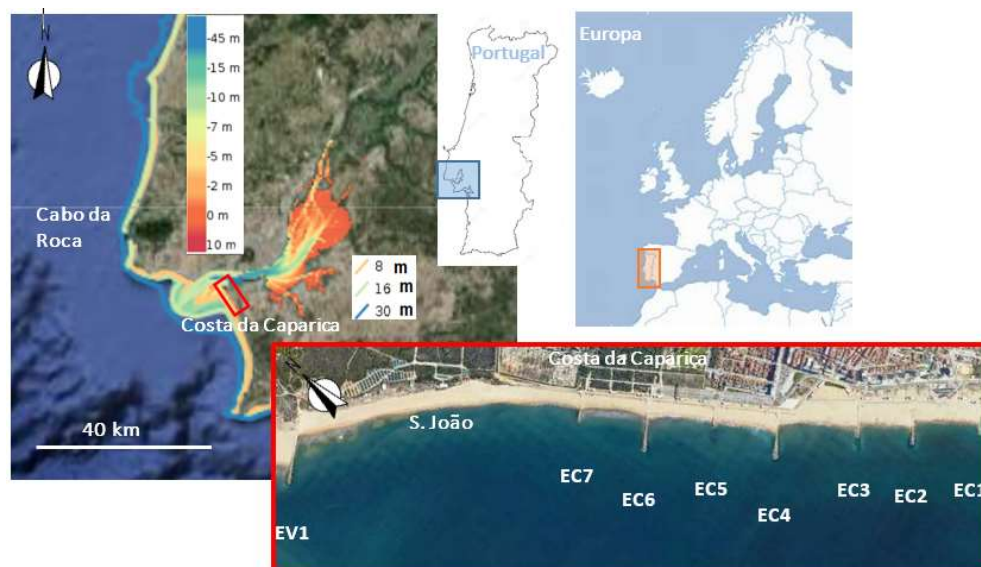


Figura 1: Localização da Costa da Caparica (costa oeste de Portugal, Europa). Topobatimetria do estuário do Tejo (escala de gradiente de cores) e contornos de profundidade costeira correspondentes aos 8, 16, e 30 m (adaptado de <https://geomar.hidrografico.pt/>, a 8/abril/2024).

Dados e método

Realizaram-se levantamentos topobatimétricos antes e após uma alimentação artificial de praia (efetuada em agosto/2008) com 10^6 m³ de areia, colocada na face e topo de praia, entre o esporão EV1 e 500 m a sul do esporão EC1 (numa extensão total de 3,8 km). Os levantamentos pré e pós-alimentação foram efetuados em julho-agosto/2008 e novembro/2008, no âmbito do Programa COSMO (Agência Portuguesa do Ambiente, 2024).

Avaliou-se o efeito de proteção desta intervenção de alimentação artificial contra uma tempestade marítima extrema (Hercules, janeiro/2014) e a influência da tipologia do limite superior da praia (defesa longitudinal aderente *versus* duna) nessa proteção. Utilizou-se o modelo morfodinâmico XBeach-2DH previamente validado para a morfodinâmica decorrida no local no período de dois meses, entre setembro-outubro/2014, após outra intervenção de enchimento, decorrida entre 26/junho e 25/agosto de 2014, com o mesmo volume de areia, 10^6 m³. Esta validação encontra-se descrita em (Oliveira *et al.*, 2024).

A tempestade marítima que ocorreu na primeira quinzena de 2014 (designada por Hercules) foi forçada na fronteira ao largo do domínio numérico do modelo morfodinâmico e propagada sobre as topobatimetrias pré e pós-enchimento. Este evento marítimo não se tratou de uma tempestade típica, mas sim de um evento que causou danos extremos na costa Portuguesa. As condições de hidrodinâmica basearam-se na implementação de um conjunto de modelos aplicados a duas escalas geoespaciais, regional e intermédia, descritos em Oliveira *et al.* (2024).

Resultados

A praia pré-alimentação sofreu maior erosão da face de praia do que a praia pós-alimentação (Figura 2b,c). O volume de erosão total foi 33×10^3 m³ na praia pré-alimentação e 26×10^3 m³ na praia pós-alimentação; ou seja, a alimentação reduziu o volume de erosão induzida pela tempestade em 21%. O volume de erosão por metro longitudinal de praia em cada célula (definida como praia confinada entre esporões) variou entre 8,1 e 13,2 m³/m na praia pré-alimentação e 7,3 e 10,1 m³/m na praia pós-alimentação (Tabela 1). A ordem de grandeza do volume de erosão calculada na praia de S. João é consistente com observações descritas por outros autores (Silveira *et al.*, 2013).

A alimentação artificial da praia evitou o elevado recuo da linha de costa que ocorreu durante a tempestade na topobatimetria pré-alimentação. Os contornos topobatimétricos 0 m e +2 m ZH (Zero Hidrográfico) exibem maiores discrepâncias entre os casos pré e pós-alimentação nas praias urbanas e no extremo sudeste da praia de S. João (onde se localiza a defesa aderente desta célula) (Figura 3). Estes resultados indicam que as defesas longitudinais aderentes são um fator importante na deslocação da areia em direção ao largo.

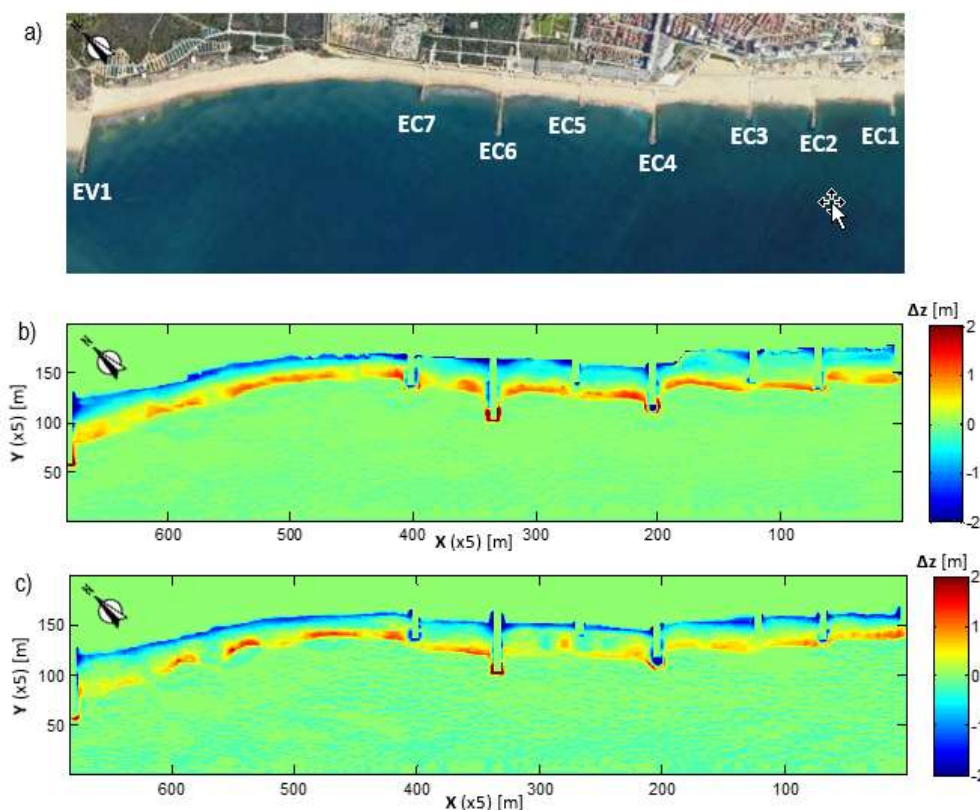


Figura 2: Fotografia aérea da praia da Costa da Caparica (a). Alterações morfológicas durante a tempestade Hercules: evolução da topobatimetria pré-alimentação (b), e evolução da topobatimetria pós-alimentação (c).

Tabela 1: Erosão por metro longitudinal em cada célula da praia pré e pós-alimentação.

Célula	Comprimento [m]	Erosão [m³/m]	
		Pré-alimentação	Pós-alimentação
EC1-EC2	295	10.6	9.5
EC2-EC3	230	8.1	7.8
EC3-EC4	375	9.5	8.9
EC4-EC5	280	10.2	7.3
EC5-EC6	300	13.2	8.8
EC6-EC7	300	12.0	10.1
EC7-EV1	1400	9.9	7.7

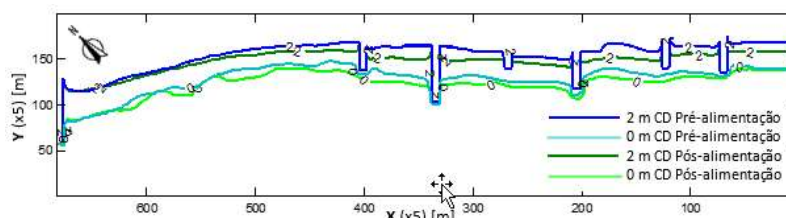


Figura 3: Resultados das variações morfológicas: localização dos contornos topobatimétricos pós-tempestade 0 e +2m ZH para os casos pré e pós-alimentação.

Conclusões

Concluiu-se que o volume de 10^6 m^3 de areia é eficaz na redução do recuo da linha de costa causado pela tempestade em cenário de praia sem alimentação e que reduz em 20% o volume de erosão causado pela tempestade.

Os resultados evidenciam a significativa variabilidade longitudinal da dinâmica transversal da praia durante a tempestade. A tipologia do limite superior da praia também desempenha um papel significativo: defesas longitudinais aderentes (frequentemente encontradas em praias cronicamente erodidas) expostas à ação direta das ondas conduzem a maiores volumes de erosão e uma maior extensão transversal da zona ativa. Adicionalmente, características batimétricas pré-tempestade, como o declive de praia e plataformas temporárias, influenciam os padrões de erosão da praia. A combinação destes factos permitiu identificar as praias mais vulneráveis, i.e., aquelas com maior erosão induzida pela tempestade. A análise revelou que, apesar da defesa longitudinal aderente limitar o recuo da linha de costa, as praias urbanas são mais suscetíveis à erosão do que as praias naturais (com duna). Estes resultados atestam as vantagens/inconvenientes associados à implementação de defesas longitudinais aderentes como estratégia de proteção costeira.

Agradecimentos

A autora agradece aos colegas Dr. André Fortunato, Dr. Paula Freire e Sr. Fernando Brito do Laboratório Nacional de Engenharia Civil pela colaboração prestada.

Referências Bibliográficas

- Agência Portuguesa do Ambiente; 2024. Programa COSMO. Disponível online: <https://cosmo.apambiente.pt> (acedido em 9/abril/2024).
- Defeo, O.; McLachlan, A.; Armitage, D.; Elliott, M.; Pittman, J.; 2021. Sandy beach social-ecological systems at risk: Regime shifts, collapses, and governance challenges. *Front. Ecol. Environ.*, 19, 564–573.
- Oliveira, F.S.B.F.; Fortunato, A.B.; Freire, P.; 2024. Beach Nourishment Protection against Storms for Contrasting Backshore Typologies. *J. Mar. Sci. Eng.* 2024, 12, 1465. <https://doi.org/10.3390/jmse12091465>
- Silveira, T.M.; Sousa, H.; Carapuço, A.M.; Diogo, Z.S.; Silva, A.N.; Taborda, R.; Andrade, C.F.; 2013. Estudo de caso da Costa da Caparica. In *Caracterização das Evoluções Morfológicas e Volumétricas da Praia de S. João da Caparica*; Entregável 2.3.b; Agência Portuguesa do Ambiente: Lisboa, Portugal, 24p.
- Vousdoukas, M.I.; Ranasinghe, R.; Mentaschi, L.; Plomaritis, T.A.; Athanasiou, P.; Luijendijk, A.; Feyen, L.; 2020. Sandy coastlines under threat of erosion. *Nat. Clim. Change*, 10, 260–263.