

## ESTUDO EXPERIMENTAL DO EFEITO DO USO DE GEOSISTEMAS EM PRAIAS ALIMENTADAS ARTIFICIALMENTE *Experimental Study on the Effect of the Use of Geosystems in the Longevity of Artificially Nourished Beaches*

JOANA GOMES <sup>(1)</sup>, ANDREIA MOREIRA <sup>(2)</sup>, LUCIANA DAS NEVES <sup>(3)</sup>, FRANCISCO TAVEIRA-PINTO <sup>(4)</sup>,  
MARIA DE LURDES-LOPES <sup>(5)</sup> e FERNANDO VELOSO-GOMES <sup>(6)</sup>

<sup>(1)</sup> Mestre em Engenharia Civil, FEUP,  
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, ec08238@fe.up.pt

Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, amoreira@fe.up.pt

<sup>(3)</sup> Professora Auxiliar Convidada, FEUP,  
Rua do Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, lpneves@fe.up.pt

<sup>(4)</sup> Professor Catedrático, FEUP,  
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, fpinto@fe.up.pt

<sup>(5)</sup> Professora Catedrática, FEUP,  
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, lcosta@fe.up.pt

<sup>(6)</sup> Professor Catedrático, FEUP,  
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, vgomes@fe.up.pt

### Resumo

A crescente necessidade de proteger as zonas urbanas litorais, de forma eficaz e efetiva, sem prejuízo para o ambiente e a dinâmica natural das zonas costeiras, motivou a procura de técnicas de proteção mais sustentáveis. A utilização de sistemas de confinamento de areias incorporando material geotêxtil responde em grande medida a essa procura, permitindo parcialmente uma construção com materiais naturais disponíveis no local (areia), com impacto reduzido e não permanente. Refira-se que o uso de geossintéticos na engenharia costeira esteve, até há poucas décadas, reduzido a funções de reforço ou filtro.

O presente trabalho experimental incidiu na resposta de um sistema duna-praia à componente transversal do transporte sedimentar, sob condições de erosão persistente e de períodos alternados de acreção e erosão. Os sistemas de confinamento de areias foram utilizados neste trabalho como complemento de uma alimentação artificial da praia.

De uma maneira geral, os modelos com geossistemas revelaram-se eficazes na manutenção da berma de praia. Os resultados experimentais mostraram respostas morfodinâmicas semelhantes entre os modelos que incorporavam geossistemas. Em todos se verificou erosão na face de praia perto da zona onde se encontrava inicialmente a linha de costa e uma acumulação de areia, em forma de barra submersa, no modelo de referência e em frente da estrutura submersa nos modelos com geossistemas. O perfil respondeu às mudanças nas condições de agitação, de erosão para acreção, mas a recuperação foi pequena.

**Palavras-chave:** Erosão costeira, alimentação artificial, geossistemas, geossintéticos, ambiente.

### Abstract

The growing demand for urban coastal areas protection, in an effectively and efficiently way, without compromising the environment and the natural dynamics of coastal zones, has lead to the search for more sustainable technics of protection. The use of geotextile encapsulated-sand systems respond, to a great extent, to that demand, allowing the partial construction with locally available materials (sand), with low and non-permanent impact. It is important to mention that the use of geosynthetics in coastal engineering was, until a few decades ago, restricted to mostly reinforcement or filter functions.

The present experimental work focused in the response of a dune-beach system to the cross-shore component of sediment transport, under persistent erosional conditions and under alternating periods of erosive and accretive conditions. The encapsulated-sand systems were used as a complement to beach artificial nourishment in this work.

In general, the models with geosystems were proven to be effective in maintaining a beach berm. The experimental results show similar morphodynamic responses between the models incorporating a sand-filled geosystem. Sand removal occurred in all models, around the initial shoreline, with consequent accumulation as a submerged bar in the reference case and in the seaside of the submerged structure in the models with geosystems. The beach-profile has responded to changes in the wave conditions, from erosional to accretionary, but the recovery occurred at a smaller rate.

**Keywords:** Coastal erosion, artificial nourishment, geosystems, geosynthetics, environment.

## 1. Introdução

Tradicionalmente a gestão das zonas costeiras, quer em Portugal quer noutros países, tem estado focada na proteção da costa contra o avanço do mar; daí resultou um grande número de estruturas de defesa rígidas, tais como esporões e estruturas de defesa longitudinais aderentes. Em complemento, também tem sido utilizada a alimentação artificial de praias, no entanto, para além da incerteza quanto à sua longevidade a longo prazo, é uma técnica que exige custos elevados, sendo raros os casos em que se revelou totalmente eficaz no tempo.

Este estudo incidiu na análise da estabilidade de uma praia alimentada artificialmente e protegida por um geossistema numa determinada secção do perfil de praia alimentado. Este conceito de praia interrompida (ou perched beach) é normalmente materializado com o recurso a estruturas submersas de enrocamento ou de betão (como, por exemplo, a praia de Ostia - lido di Ostia - em Roma). A utilização de sistemas de confinamento de areias em material geotêxtil permite uma construção mais rápida e económica, diminuindo o impacto destas estruturas no meio ambiente e nas atividades recreativas dos utilizadores das praias (Pilarczyk, 2000).

Os geotêxteis são materiais compostos por diversos polímeros que podem ser tecidos ou não tecidos (Pinho-Lopes e Lopes, 2010).

Devido ao interesse crescente do uso destes sistemas, este trabalho pretendeu avaliar a sua eficácia em conjunto com a alimentação artificial, de forma a proteger a linha de costa e a garantir a manutenção da praia alimentada, e, por consequência, a sua longevidade. Este geossistema funcionaria como um quebramar submerso e minimizaria o transporte sedimentar transversal sem contudo o impedir na totalidade.

Os modelos com geossistemas foram definidos garantindo um compromisso entre a possibilidade de um avanço da linha de costa e a criação de uma solução eficaz, reduzindo os efeitos de ressonância induzidos pela estrutura (González *et al.*, 1999).

A configuração dos modelos permitiu, então, que a rebentação ocorresse sempre depois da estrutura, ou seja, diretamente no perfil de alimentação.

Num estudo realizado recentemente no Laboratório da Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (DEC-FEUP), Gomes (2014), foram testados três modelos físicos de fundos móveis sob a ação da agitação marítima, dois dos quais com recurso a geossistemas.

O estudo da longevidade da praia alimentada foi feito através da análise da(s): (i) reflexão da agitação, (ii) variações de pressão devidas à agitação, (iii) evolução do perfil da praia, (iv) variação da velocidade das partículas junto à estrutura submersa e (v) variação da turbidez junto à estrutura submersa.

## 2. Modelo Experimental

Os ensaios experimentais decorreram no Laboratório de Hidráulica, da Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente (LH-SHRHA) do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (DEC-FEUP).

Este laboratório dispõe de um tanque de ondas, com 28 m de comprimento, 12 m de largura e 1,2 m de profundidade, no qual foi construído um canal com aproximadamente 0,80 m de largura, compreendendo um batedor do total de 16 que contém o sistema de geração de ondas (Figura 1).

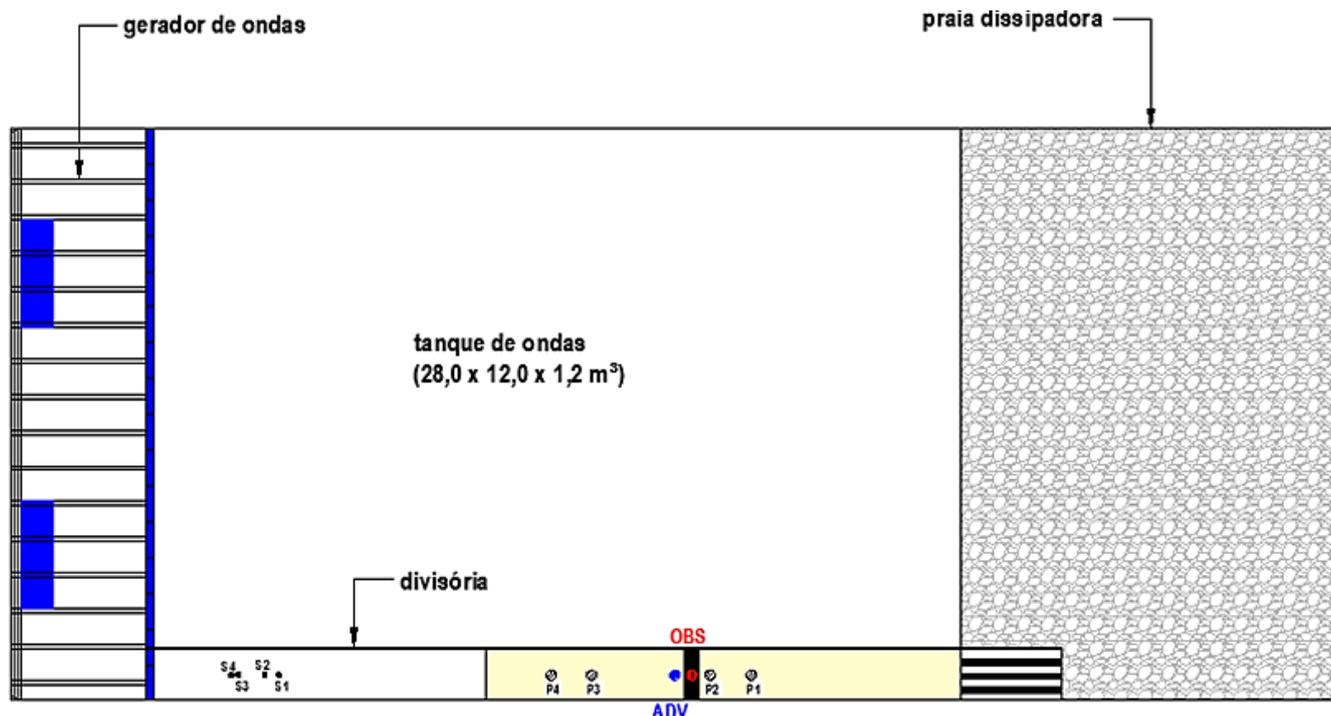


Figura 1. Planta do tanque de ondas do Laboratório de Hidráulica e disposição dos instrumentos de medição no canal.

A elevação da superfície livre foi registada por um conjunto de quatro sondas de níveis hidrodinâmicos colocadas dentro do canal (S1, S2, S3 e S4) (Figura 1). Foram instaladas quatro sondas de pressão para medir as pressões induzidas pela agitação e para estudar a propagação e dissipação da energia sobre a estrutura (P1, P2, P3 e P4).

O perfil transversal da praia foi registado antes e após cada estado de mar gerado utilizando um perfilador de fundos 2D e um ADV (Acoustic Doppler Velocimeter), na secção intermédia do canal. A turbidez foi medida através de um OBS (Optical Backscatter Sensor) e a velocidade das partículas de areia foram medidas usando um ADV.

Foram recolhidas séries temporais e perfis transversais de um total de 30 ensaios de fundos móveis. Foram considerados três modelos: o modelo de referência apenas com alimentação artificial e outros dois modelos que incorporavam também um sistema de confinamento de areias, em material geotêxtil.

Os modelos foram construídos de acordo com a semelhança de Froude e a uma escala geométrica de 1/12. O nível de água no modelo foi mantido constante e igual a 0,58 m, correspondendo ao nível médio (NM). O modelo terminava na batimétrica correspondente aos -5 m ZH. O modelo de referência - modelo A - mA, tinha as seguintes características principais:

- Um perfil de praia inicial: talude com inclinação aproximadamente igual a 1V:25H seguido de uma duna com um talude de 1V:2H, e coroamento a +7 m ZH (no protótipo);
- Uma alimentação artificial de um volume aproximado de 2360 m<sup>3</sup>/m, formando uma berma de praia de 14 m (no protótipo) à cota de +4 m ZH e um talude com inclinação de 1V:10H, que intersetava a praia inicial. (Figura 2).

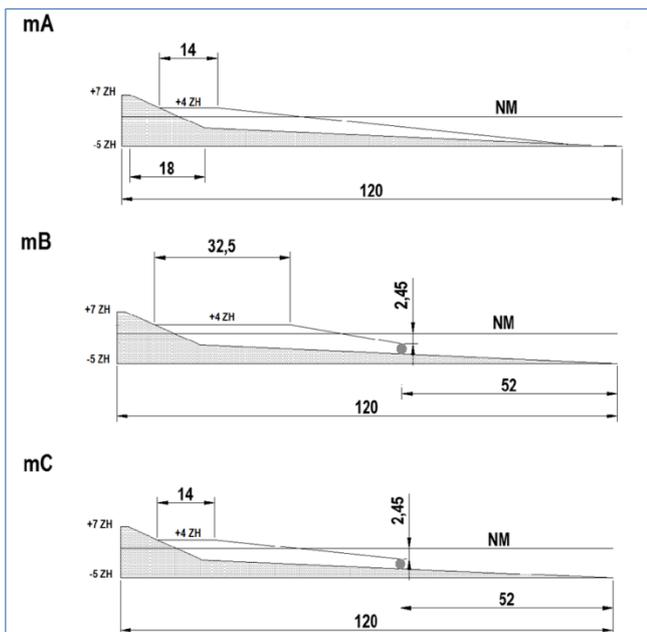


Figura 2. Esquemas dos modelos considerados para o estudo experimental.

Os modelos incorporando sistemas de confinamento de areias foram definidos da seguinte forma:

- Um modelo com um geossistema de 32 cm de diâmetro intersetando a alimentação e criando uma praia do tipo perched beach. O volume de alimentação foi considerado igual ao do modelo A, resultando num talude com inclinação de 1V:6H. O grau de submersão do geossistema era de 2,45m, em relação ao NM - modelo B - mB;
- Um modelo semelhante ao modelo B mas com um volume de alimentação inferior aos dois anteriores (1680 m<sup>3</sup>), mantendo a inclinação do talude da alimentação do modelo A, ou seja 1V:10H e o grau de submersão do modelo B - modelo C - mC (Figura 2).

O sistema de confinamento de areias em material geotêxtil utilizado era pré-fabricado e foi cheio com a mesma areia utilizada na construção dos modelos de fundos móveis. O Quadro 1 resume a distribuição granulométrica da areia utilizada.

Quadro 1. Distribuição granulométrica da areia utilizada nos ensaios.

Distribuição Granulométrica	
D <sub>10</sub>	186 µm
D <sub>50</sub>	270 µm
D <sub>60</sub>	291 µm
D <sub>90</sub>	345 µm

Cada um dos três modelos foi ensaiado segundo dois tipos de condições de teste, PE (Persistent Erosion) - Erosão Persistente e EI (Infilling and again Erosion) - Acreção seguida de Erosão, resultando num total de seis ensaios.

Cada uma destas condições de teste é definida com 2 estados de agitação, dos 10 definidos por das Neves (2011). Os estados de agitação utilizados foram os estados de agitação 2, 7, 8 e 10 e foram divididos nas duas condições de teste: PE com os estados de agitação 7 e 10, e EI com os estados de agitação 2 e 8. O Quadro 2 resume as condições de teste referidas, de acordo com a ordem dos ensaios.

Quadro 2. Condições de teste: estados de agitação.

Erosão Persistente (PE)						
Ordem do ensaio	Estado de agitação	Modelo		Protótipo		Duração (min)
		H <sub>s</sub> (m)	T <sub>p</sub> (s)	H <sub>s</sub> (m)	T <sub>p</sub> (s)	
1	7	0,17	2,31	2,0	8	30
2	10	0,125	2,89	1,5	10	30
3	7	0,17	2,31	2,0	8	60
4	10	0,125	2,89	1,5	10	60
5	7	0,17	2,31	2,0	8	120
Acreção seguida de Erosão (EI)						
Ordem do ensaio	Estado de agitação	Modelo		Protótipo		Duração (min)
		H <sub>s</sub> (m)	T <sub>p</sub> (s)	H <sub>s</sub> (m)	T <sub>p</sub> (s)	
1	8	0,17	2,89	2,0	10	30
2	2	0,04	2,31	0,5	8	30
3	2	0,04	2,31	0,5	8	30
4	8	0,17	2,89	2,0	10	30
5	2	0,04	2,31	0,5	8	60

Os registos da elevação da superfície livre foram efetuados durante um período variável entre 30 minutos a 2 horas, garantindo a aquisição de um ciclo completo de geração. Assim, a avaliação das ondas geradas assegura que: (i) todos os modelos foram testados de acordo com as mesmas condições hidrodinâmicas; e que (ii) as alterações morfodinâmicas provocadas pelas ondas geradas, são comparáveis entre si.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Análise da reflexão

Verifica-se que, para cada modelo, ao longo de cada ensaio do tipo EI e PE, existe alguma variação dos valores do coeficiente de reflexão, particularmente significativa no modelo B, sob condições de Acreção seguida de Erosão (EI). As discrepâncias dos valores do modelo B podem ser explicadas pela acentuada inclinação do perfil de praia resultante da alimentação. Este modelo revelou-se mais instável, nomeadamente durante os ensaios EI (Acreção seguida de Erosão), ficando particularmente vulnerável a variações bruscas de condições de agitação, resultando em valores díspares do coeficiente de reflexão.

Comparando os modelos que usam sistemas de confinamento de areias (modelos B e C) com o modelo de referência (modelo A), conclui-se que o modelo C apresenta um comportamento mais satisfatório quando comparado com o modelo B.

Este facto deve-se à configuração destes dois modelos e, consequentemente, na maneira como ocorria a rebentação das ondas incidentes. A estrutura submersa não foi dimensionada para que a rebentação ocorresse diretamente sobre a estrutura, evitando assim que esta se tornasse instável durante os ensaios.

O modelo C, que apresentava uma inclinação do perfil de praia resultante da alimentação igual ao do perfil de alimentação do modelo A, apresentou valores do coeficiente de reflexão semelhantes aos obtidos pelo modelo de referência.

#### 3.2. Variação das pressões induzidas pela agitação

Esta análise tinha dois objetivos principais: (i) o estudo da propagação da agitação sobre o perfil de praia, nomeadamente o modo como as ondas incidentes interferem com as perturbações morfológicas, e (ii) o estudo das pressões induzidas pela agitação ao longo do perfil e sobre a estrutura submersa.

A análise das pressões induzidas pela agitação foi reduzida à sua evolução temporal, quer ao longo do perfil de praia quer junto da estrutura, com o objetivo de avaliar a capacidade do sistema praia-estrutura de dissipar a energia proveniente da agitação incidente.

Como era de esperar a zona do perfil que está sujeita a valores absolutos e amplitudes de pressão maiores é a zona de rebentação, ou seja, a zona onde se encontravam as sondas P1 e P2. Verifica-se, no entanto, que a existência da estrutura nos modelos mB e mC provoca uma diminuição da pressão nesta zona e que há uma perda significativa da energia da rebentação.

Como seria de esperar, as zonas do perfil mais afastadas da linha de costa são as menos energéticas e possuem valores de pressão inferiores. No entanto, a presença da estrutura também provocou uma diminuição das pressões. A análise dos registos de pressão permitiu concluir que os modelos mB e mC eram eficazes na redução da energia incidente, quer na zona mais problemática, junto à estrutura e à linha de costa, quer na zona mais profunda do perfil da praia, nomeadamente o modelo mC.

#### 3.3. Evolução do perfil de praia

Devido à posição do suporte do perfilador em relação ao perfil, não foi possível usar a sonda ao longo do seu comprimento total pois esta não tinha alcance suficiente. Assim, usado o ADV para medir o troço final do perfil a partir de sensivelmente 4,7 m do ponto inicial, dependendo do tipo de modelo de perfil (Figura 3).

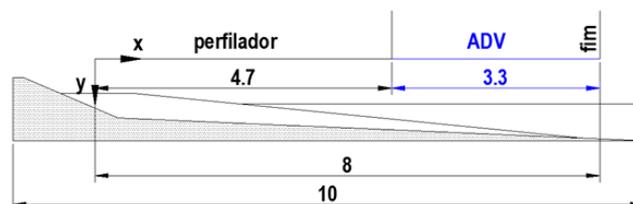


Figura 3. Esquema da extensão do perfil medido pelo perfilador de fundos e pelo ADV.

A extensão da zona de medição foi de aproximadamente 8m e não da totalidade do perfil porque o ADV não conseguia também medir a partir de determinado ponto. Considerou-se, no entanto, que a parte final do perfil não era particularmente relevante. A análise das Figuras 4 e 5 permite concluir que o perfil do modelo mA não sofreu alterações significativas, nomeadamente na extensão da berma de praia.

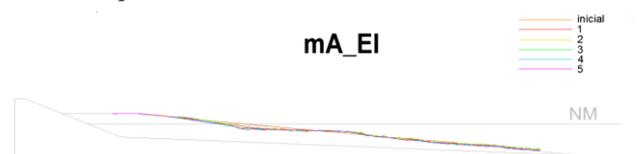


Figura 4. Variação do perfil transversal do modelo A, ao longo do ensaio EI.

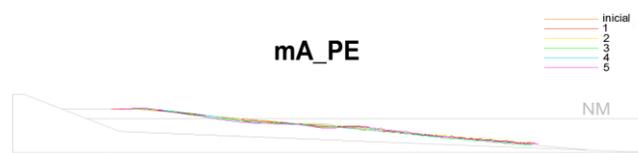


Figura 5. Variação do perfil transversal do modelo A, ao longo do ensaio PE.

Foi atingido o perfil de equilíbrio de Dean (Dean, 1977), tendo ocorrido a formação de barras submersas ao longo dos perfis, uma no ensaio EI e duas no ensaio PE. Verifica-se também que o ensaio do tipo EI (Acreção seguida de Erosão) foi o que modificou mais o perfil transversal do modelo. O facto de ter sido conjugado um estado de agitação particularmente energético com outro menos energético, gerou um desequilíbrio mais evidente no perfil; este não conseguiu responder de forma tão eficaz aos subtestes de erosão.

Enquanto no modelo de referência o ensaio EI tinha sido o mais destrutivo, no modelo mB o ensaio PE foi o que introduziu mais alterações (Figuras 6 e 7).

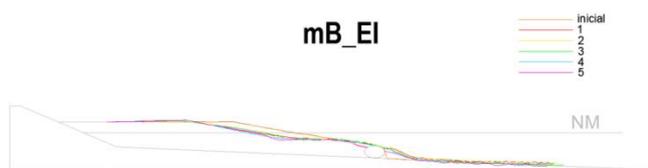


Figura 6. Variação do perfil transversal do modelo B, ao longo do ensaio EI.

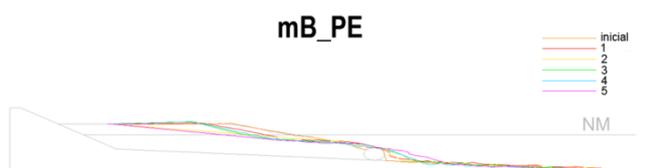


Figura 7. Variação do perfil transversal do modelo B, ao longo do ensaio PE.

É visível uma alternância de perfil após o sub-teste 2, que foi particularmente erosivo. No entanto no sub-teste 3 e 4 a resposta do perfil já foi mais eficaz, tendo ocorrido acreção na zona erodida; mas no sub-teste 5 o perfil voltou à posição anterior, tendo havido um recuo significativo da berma de praia. Nesse aspeto, no ensaio EI, o modelo foi mais eficaz. De referir que, em ambos os ensaios, a estrutura ficou completamente soterrada debaixo da areia que entretanto se movimentou ao longo do perfil transversal de alimentação. Esse volume de areia que se acumulou em cima e em frente da estrutura foi o volume que desapareceu da berma de praia, dando origem a uma espécie de barra submersa.

O modelo mC teve um comportamento bastante satisfatório, quando comparado com o modelo mB (Figuras 8 e 9).

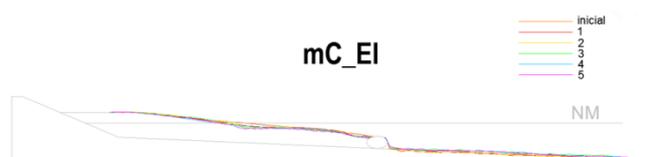


Figura 8. Variação do perfil transversal do modelo mC, ao longo do ensaio EI.

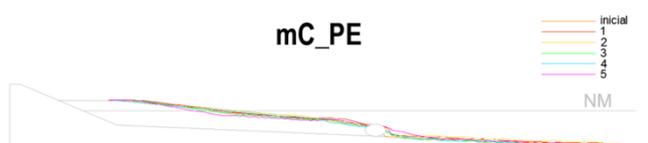


Figura 9. Variação do perfil transversal do modelo mC, ao longo do ensaio PE.

De facto ocorreram alterações mínimas no perfil transversal, nomeadamente na berma de praia, que permaneceu praticamente inalterável. O ensaio PE originou um perfil transversal mais suave, tal como ocorreu no modelo mA.

Esta constatação é mais direta na zona de acumulação em frente à estrutura, quando comparada com a do ensaio EI.

O perfil de equilíbrio resultante deste último ensaio é mais notório, nomeadamente na zona erodida junto à linha de costa.

Neste modelo não houve uma acumulação de sedimentos tão evidente quando comparada com os resultados obtidos no modelo mB e verifica-se que a barra submersa foi substituída pelo sistema de confinamento de areias, que ficou parcialmente soterrado no perfil.

Concluiu-se que a conceção dos modelos foi eficaz tendo em conta os pressupostos já referidos. Apesar de se verificar um recuo da berma de praia, esta ainda continuou com um comprimento aceitável.

Neste caso, o modelo mC revelou ser mais eficaz que o modelo mB, tendo havido um recuo da posição da linha de costa e da berma de praia significativamente mais pequeno, quando comparado com os registos do modelo mB.

O balanço sedimentar foi, em geral, equilibrado, com perdas e com ganhos ao longo dos vários ensaios. Destaca-se um balanço positivo nos ensaios do modelo mB e maior quando comparado com o modelo de referência.

O modelo mC apresenta valores anormais, explicados pela “fuga” de sedimentos pelas extremidades do sistema e que não foram contabilizados aquando das medições do perfil intermédio do canal.

Em geral, verifica-se que o modelo mC foi mais eficaz na manutenção de um perfil de praia razoável e aparenta ser uma solução eficaz para a longevidade da praia alimentada artificialmente, como já tinha sido concluído nas secções anteriores.

Verificou-se também que não ocorreram erosões localizadas junto à estrutura submersa visto que esta ficou enterrada em ambos os modelos.

#### 3.4. Análise da variação das velocidades junto à estrutura submersa

A velocidade das partículas foi medida na direção x e z, formando o plano transversal do perfil de praia, com recurso a um ADV colocado em frente à estrutura submersa.

Concluiu-se que a componente da velocidade mais preponderante para o transporte sedimentar transversal é a componente x. A componente z, para além de possuir valores relativamente baixos, é mais ou menos constante ao longo do tempo. Em contrapartida, a componente horizontal, x, apresenta valores mais elevados e a sua evolução ao longo do tempo é variável, apresentando picos de velocidade. Verifica-se que as partículas na vizinhança do ADV movimentaram-se em direção ao largo e recuaram, mas agora com uma velocidade inferior. Uma conclusão que se pode retirar desta análise é que as partículas se movimentaram em direção ao largo, como seria de esperar.

Concluiu-se também que as partículas mudam, em primeiro lugar, de posição ao longo do perfil transversal e vão lentamente subindo, mantendo-se elevadas a uma altura mais ou menos constante, o que vai de encontro às observações feitas ao longo do decorrer dos ensaios.

Finalmente, constata-se que o modelo mC apresenta velocidades mais elevadas e mais variáveis no tempo do que o modelo mB.

### 3.5. Análise da variação da turbidez junto à estrutura submersa

O OBS permite medir a concentração de partículas em suspensão. De facto, o aparelho mede a turbidez, em NTU, de toda a matéria em suspensão. Para analisar a concentração de areia é necessário que o aparelho tenha toda a informação da granulometria, da mesma de forma, a poder isolar a informação. No entanto, o LH não dispõe de instrumentação que permita fornecer a informação necessária para transformar a turbidez em unidades de concentração da areia. Desta forma, a única análise possível é a da turbidez ao longo do tempo. Realça-se que, devido a este facto, a análise destes registos é feita de forma conservadora, visto que não refletem necessariamente a variação da concentração de partículas de areia em suspensão.

No entanto, verifica-se que a movimentação de partículas no modelo mB foi mais intensa quando comparada com a movimentação do modelo mC. Verificaram-se, inclusivamente, picos de turbidez ao longo dos ensaios do modelo mB. Outra conclusão que pode ser retirada é a de que nos resultados do modelo mC há períodos de tempo (da ordem de 30 s) em que a turbidez é praticamente nula, não havendo tanta areia em suspensão, ou seja, aparentemente o transporte sedimentar não é tão significativo como no modelo mB. Estas conclusões vão de encontro ao já verificado, em que se concluiu que o modelo mC apresentou uma resposta mais eficaz.

## 4. Conclusões

Os resultados na mudança da forma do perfil de praia mostraram semelhanças nos modelos em que era utilizado o geossistema.

Verificou-se erosão na face da praia, perto da zona onde se encontrava inicialmente a linha de costa, e desenvolveu-se uma barra submersa em frente à estrutura submersa, nomeadamente no modelo mB, como era esperado.

O perfil respondeu às mudanças de agitação, de erosão para acreção, mas a recuperação foi muito pequena. Os modelos revelaram-se eficazes na manutenção da berma de praia, em particular o modelo mC, por apresentar resultados mais satisfatórios de dissipação da energia incidente e do balanço sedimentar. Estes resultados podem ser explicados pelo facto da inclinação do modelo mC ser menor, tornando-o mais estável durante a rebentação das ondas.

## Agradecimentos

Ao projeto ScourCoast – Avaliação dos níveis de segurança associados a erosões localizadas devidas a geossistemas utilizados para controlo da erosão costeira na costa Portuguesa, PTDC/ECM/122760/2010, financiado por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC) e cofinanciado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do COMPETE – Programa Operacional Factores de Competitividade (POFC), pelo apoio financeiro para realização do modelo físico.

À Geosin, representante da TenCate em Portugal, pela cedência dos cilindros de geossintéticos utilizados no modelo físico.

## Referências

- das Neves, L. (2011). *Experimental stability analysis of geotextile encapsulated-sand systems under wave-loading*, 289p, Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, FEUP.
- Dean, R. (1977). *Equilibrium beach profiles: US Atlantic and Gulf coasts*. Department of Civil Engineering and College of Marine Studies, University of Delaware.
- Gomes, J. (2014). *Estudo Experimental do Efeito da Utilização de Geossistemas na Longevidade de Praias Alimentadas Artificialmente*, 129p, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP.
- González, M, Medina, R e Losada, M. (1999). *Equilibrium beach profile model for perched beaches*. Coastal Engineering, Vol. 36. n.º 4. p. 343-357. ISSN 03783839.
- Pilarczyk, K. (2000). *Geosynthetics and geosystems in hydraulic and coastal engineering*. CRC Press. ISSN 9058093026.
- Pinho-Lopes, M e Lopes, M. L. (2010). *A Durabilidade dos Geossintéticos*, FEUP Edições. ISBN 9727521207.