

# EVOLUÇÃO DO DANO EM ENSAIOS EM MODELO FÍSICO DE UM TROÇO DO QUEBRA-MAR DO PORTO DE PENICHE

Rute Lemos<sup>1</sup>, Conceição Juana Fortes<sup>1</sup>, João Alfredo Santos<sup>2,3</sup> Ana Mendonça<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil; rlemos@lnec.pt; jfortes@lnec.pt; amendonca@lnec.pt

<sup>2</sup>ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa; jasantos@dec.isel.ipl.pt

<sup>3</sup>CENTEC - Centre for Marine Technology and Ocean Engineering, Instituto Superior Técnico

**Palavras-chave:** Evolução do dano, Modelo físico, Volume erodido, Formulação empírica

## 1. INTRODUÇÃO

A avaliação da estabilidade do manto resistente de quebra-mares de taludes requer, na maioria dos casos, a realização de ensaios em modelo físico. Entre os diferentes métodos de avaliação da evolução da estabilidade, destaca-se a medição do volume erodido do manto resistente por ação da agitação marítima. Este volume pode ser determinado a partir de levantamentos consecutivos da envolvente dos taludes. Melby [1] apresentou uma fórmula para previsão da evolução do dano em quebra-mares de taludes com base nas características da agitação neles incidente. No presente estudo pretendeu-se utilizar um programa de ensaios em modelo físico bidimensional semelhante ao programa que conduziu à referida fórmula aplicado a um caso de estudo correspondente a uma secção do quebra-mar do porto de Peniche.

Os ensaios realizados fazem parte do projeto BSafe4Sea que visa desenvolver, testar e comprovar o conceito de previsão do comportamento estrutural de quebra-mares de talude, que constitui a base de um sistema inovador de apoio à decisão. Os ensaios tiveram como objetivo analisar a resposta da estrutura a diferentes estados de agitação incidentes, cujos resultados são fundamentais para o desenvolvimento de formulações empíricas de previsão da evolução do dano.

## 2. MODELO FÍSICO E CONDIÇÕES DE ENSAIO

Os ensaios foram realizados no canal de ondas irregulares COI1 do LNEC, tendo o modelo sido construído e explorado à escala 1:50 de acordo com a lei de semelhança de Froude (Figura 1). O talude do manto protetor tinha um declive de 2:3, desenvolvia-se entre as cotas -8.0 m(ZH) e +8.0 m(ZH) e era constituído por blocos de 160 kN (cerca de 107 g no modelo).

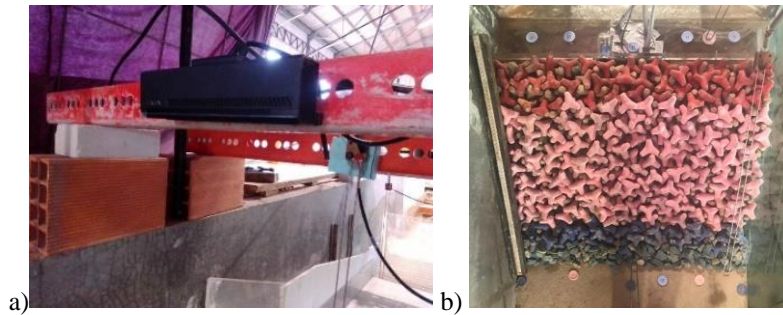
Os ensaios realizados consistiram em três séries de ensaios (A, B e C), realizados com agitação irregular, com a duração de 1000 ondas, para dois níveis de maré: nível médio e preia-mar, com uma profundidade no pé do talude de 10.0 m para o nível médio e de 12.0 m para preia-mar. Para ambos os níveis, reproduziram-se períodos de pico de 12 s e 14 s, e alturas de onda significativas de 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0 e 9.0 m.



**Figura 1.** Implantação do modelo no canal e características do perfil transversal ensaiado

A caracterização da evolução do dano foi realizada através do levantamento da envolvente do manto com o sensor de movimento Kinect, colocado cerca de 2.0 m acima do fundo do canal, Figura 2. A aplicação deste tipo de sensor de posição tem vindo a ser bastante utilizado na avaliação da estabilidade do manto de quebra-mares de talude [2] e [3]. Os levantamentos foram realizados sem água no canal, no início e no fim de cada série de ensaios, e com água no final de cada ensaio intermédio. Foram utilizados pontos de controle

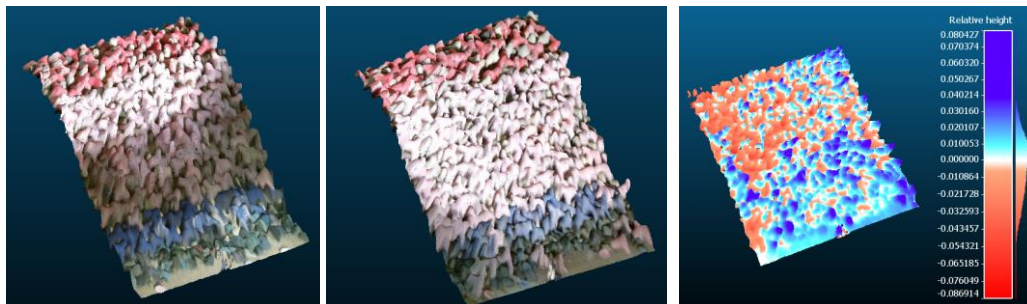
colocados no coroamento e no pé do talude, de modo a georreferenciar as nuvens de pontos resultantes dos levantamentos.



**Figura 2.** a) Sensor de posição Kinect. b) Pontos de controle.

### 3. RESULTADOS

Na Figura 3 apresentam-se os levantamentos efetuados com o sensor Kinect no início e no final da série A, após a atuação de  $H_s = 7$  m,  $T_p = 14$  s e nível de maré de preia-mar, bem como o mapa de diferenças entre ambos os levantamentos. É ainda apresentado a diferença entre ambos os levantamentos correspondentes a um perfil localizado sensivelmente a meio do trecho do talude mostrado.



**Figura 3** Da esquerda para a direita: Nuvens de pontos obtidas no início e no final da série A; Mapa de diferenças

### 4. CONCLUSÕES

A utilização do sensor Kinect mostrou-se bastante eficaz na obtenção de modelos tridimensionais de superfície, tendo possibilitado a obtenção de indicadores do dano, tais como a área erodida e a profundidade erodida. O correto alinhamento das nuvens de pontos resultantes dos levantamentos inicial final, com os pontos de controlo, permitiu comparar as envolventes do manto resistente, possibilitando o cálculo dos volumes de erosão e de acreção entre ambos os levantamentos. Encontra-se em curso a análise dos levantamentos intermédios da série A, bem como a totalidade das séries B e C.

### AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado no âmbito dos projetos BSafe4Sea E To-Sealert, ambos financiados pelo FCT.

### REFERÊNCIAS

- [1] Melby, J.A. 1999. Damage Progression on Rubble-Mound Breakwaters. Technical Report CHL-99-17, US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, USA
- [2] Musumeci R., Moltisanti D, Foti E. & Battiatto S. 2018. 3-D monitoring of rubble-mound breakwater damages. Measurement, 117 (March 2018), 347-364. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.12.020>
- [3] Lemos, R., Peña, E., Santos, J.A., Sande, J., Figuero, A., Alvarellos, A, Laiño, E., Reis, M.T., Fortes, C.J., Kerpen, N.B., Coelho, R. 2020. 3D Survey Modelling for Damage Assessment in Rubble-Mound Breakwaters Under Oblique Wave Incidence. Special issue of "Italian Journal of Engineering Geology and Environment" <https://doi.org/10.4408/IJEGE.2020-01.S-09>