

## UTILIZAÇÃO DO VOLUME ERODIDO NA AVALIAÇÃO DO DANO EM ENSAIOS EM MODELO FÍSICO DE QUEBRA-MARES DE TALUDES

Rute Lemos\*<sup>1</sup>, Conceição J.E.M. Fortes<sup>1</sup>, Gabriel Silva<sup>1</sup>

\* Rute Lemos. E-mail: rlemos@lnec.pt (Eng.)

<sup>1</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Portugal

### RESUMO

Os ensaios em modelo físico (Fig. 1) são utilizados como apoio ao projeto de quebra-mares de taludes, com o objetivo de avaliação do comportamento da solução projetada do ponto de vista da estabilidade hidráulica da estrutura. Esta avaliação do comportamento é efetuada através da evolução do dano, para a qual são utilizadas duas metodologias distintas na avaliação do comportamento da secção ensaiada: o método de contagem visual e o método do volume erodido.



Fig.1. Aspeto de um ensaio em modelo físico bidimensional (esquerda). Localização do sensor Kinect© sobre o modelo (direita)

No primeiro método procedeu-se à contagem visual dos blocos removidos do manto no fim de cada ensaio (associado a um determinado período de pico  $T_p$  e altura significativa de onda,  $H_s$ ). No segundo método, o volume erodido foi calculado através da comparação entre levantamentos tridimensionais do modelo físico, realizados no início e no final das séries de ensaio (conjunto de ensaio com o determinado  $T_p$  associados a várias alturas de onda significativas,  $H_s$ ). Estes levantamentos foram realizados com recurso ao sensor de posição Kinect V2, o qual utiliza a tecnologia “Time of Flight” (Fig. 1). Esta tecnologia estima a posição de um ponto relativamente ao sensor, medindo o tempo que o feixe infravermelho demora a percorrer a distância entre o sensor e o objeto e a regressar, considerando a velocidade da luz.

Os levantamentos foram realizados com sensor Kinect posicionado a cerca de 2.0 m acima do coroamento da obra, tendo os levantamentos sido realizados com os seguintes parâmetros: resolução do Voxel: 512 nas direções x, y e z; Voxel por metro: 256.

O resultado de cada levantamento é uma nuvem de pontos, cujo pós-processamento para a determinação do volume erodido é realizado com o software de uso livre *CloudCompare*. A relação entre o volume erodido numa determinada zona e o volume unitário de um cubo Antifer, permite estimar o número de blocos removidos nessa zona, através da expressão  $S3D=(VE*(1-P))/(Dn^3)$

onde VE é o volume erodido, P é a porosidade do manto resistente e Dn o diâmetro nominal do bloco, que no caso dos cubos Antifer possui um valor aproximadamente igual à altura do bloco. O número estimado de blocos removidos foi posteriormente comparado com os contados visualmente.

No âmbito dos ensaios realizados no LNEC de uma secção de um quebra-mar de taludes com manto resistente constituído por blocos cúbicos tipo Antifer, à escala 1:61.5, Fig. 1, foram aplicadas as duas metodologias com vista à avaliação das potencialidades e limitações de cada método.

Na Fig. 2 apresenta-se o mapa de diferenças entre as nuvens de pontos obtidas no início e no final da série de ensaios associada ao nível de maré de Preia-mar sobrelevada (PMS) e a um período de pico ( $T_p$ ) de 22 s. As alturas significativas de onda variaram entre 6 m e 12 m. Apresenta-se ainda um perfil (P2) representativo da erosão verificada numa secção localizada sensivelmente a meio do trecho reproduzido no modelo 2D.

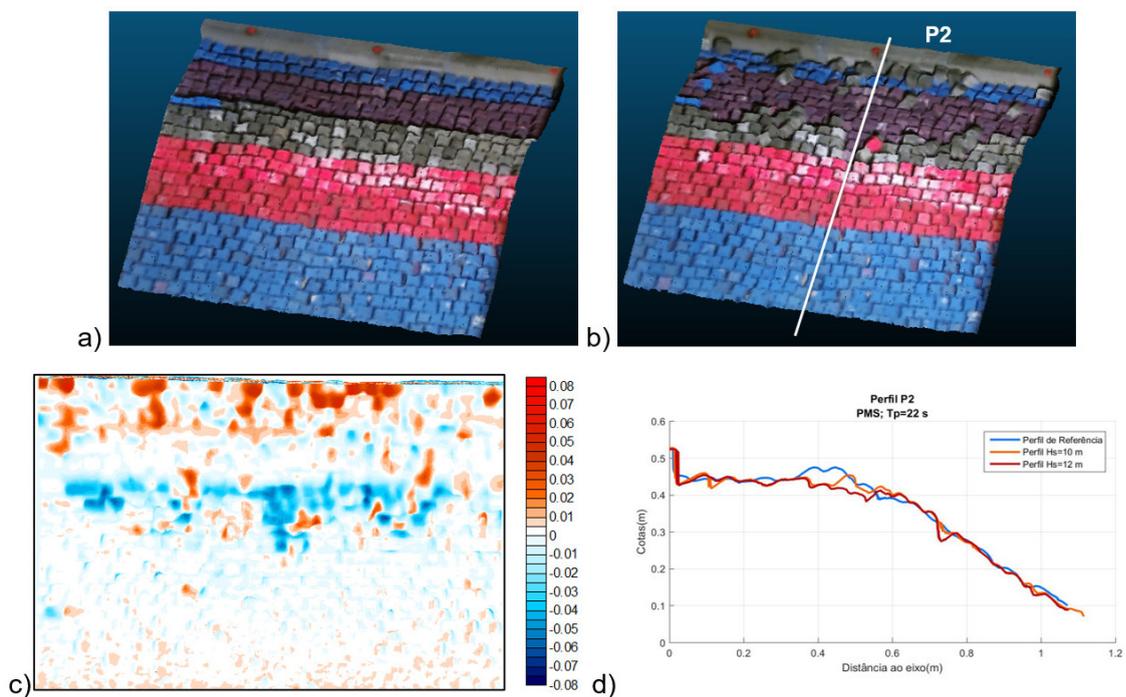


Fig.2. Levantamento tridimensional do extradorso do modelo do quebra-mar com nível de Preia-mar sobrelevada e  $T_p=22$  s. a) Início da série de ensaios; b) final do ensaio com  $H_s=12$  m; c) Mapa de diferenças (m): azul-erosão; vermelho-acreção d) Evolução do dano no perfil P2

No final da atuação da altura de onda significativa de  $H_s=12$  m, foram contabilizados cerca de 33 cubos removidos da faixa cinzenta do manto. Por outro lado, o volume erodido obtido por subtração das nuvens de pontos nessa zona foi de  $0.0032893 \text{ m}^3$ . Este valor conduziu a uma estimativa de 34 blocos removidos, atendendo a que a porosidade do manto resistente, P, é 0.33 e que o diâmetro nominal do bloco, Dn, é 0.04 m.

A boa convergência entre o número de blocos contado e estimado sugere uma aplicação eficaz dos levantamentos tridimensionais de superfície na avaliação da evolução do dano.

Análises complementares serão apresentadas com base em resultados obtidos com ambos os métodos, para três séries de ensaios com diferentes níveis de dano, de modo a ilustrar as potencialidades e limitações de cada um deles.

**Palavras Chave** – Evolução do dano, Modelo físico, Levantamentos tridimensionais; Sensor de posição