



ANÁLISE VÍDEO PARA A DETERMINAÇÃO DO ESPRAIAMENTO E DO GALGAMENTO EM MODELOS FÍSICOS DE QUEBRA-MARES – A METODOLOGIA TIMESTACK

Rute Lemos, Conceição Juana Fortes, Ana Mendonça, Umberto Andriolo
rlemos@lnec.pt, jfortes@lnec.pt, amendonca@lnec.pt, uandriolo@mat.uc.pt

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho da metodologia de análise de vídeo *Timestack* na estimativa do espraçamento e na identificação de eventos de galgamento em modelos físicos de quebra-mares de talude com manto resistente composto por cubos Antifer. No primeiro caso, foi avaliado o espraçamento num modelo físico tridimensional do quebra-mar de taludes, para condições de agitação com incidência frontal e oblíqua relativamente ao talude. No segundo caso, identificaram-se os eventos de galgamento considerando ensaios realizados num modelo físico bidimensional do quebra-mar de taludes. Todos os casos de teste realizados mostraram resultados muito satisfatórios, evidenciando a versatilidade da técnica.

Introdução

A determinação do espraçamento em quebra-mares de talude é de grande importância na avaliação do risco de ocorrência de galgamento e do risco de inundação, sendo por isso muitas vezes solicitada a sua quantificação com recurso a ensaios em modelo físico, como apoio ao dimensionamento dessas estruturas.

A técnica mais utilizada para medição do espraçamento em taludes de quebra-mares consiste na instalação de sondas resistivas colocadas ao longo do talude. No entanto, esta instalação tem de ser efetuada com bastante cuidado (o que não é trivial), de modo a evitar a passagem de lâminas de água sob a sonda ou a ocorrência de salpicos na sonda em cotas mais elevadas, pois tal conduz, respetivamente, a uma subestimação ou sobrestimação dos valores de espraçamento medidos.

Como alternativa, em ensaios em modelo físico bidimensionais, a determinação do espraçamento, tem vindo a ser efetuada com recurso a câmaras de filmar e a técnicas de processamento de imagem, seguindo a metodologia *Timestack* proposta por Andriolo (2022). Esta metodologia *Timestack* consiste na utilização de algoritmos desenvolvidos em Matlab que permitem a extração de “frames” do vídeo a analisar e delas extrair todos os pixels que se encontram ao longo de um segmento de reta (transeto) pré-definido sobre o talude, sendo depois efetuada a conversão desses pixels em parâmetros do espraçamento. A metodologia já foi aplicada a dois modelos físicos bidimensionais dos quebra-mares de Peniche e Ericeira (Lemos et al, 2022) e provou ser uma técnica promissora. O passo seguinte é avaliar o desempenho desta metodologia em ensaios tridimensionais, nos quais o espraçamento que atinge o talude varia significativamente ao longo da estrutura, dada a influência da obliquidade da onda. Com esta nova técnica, a partir de filmagens obtidas durante os ensaios em modelo físico, torna-se possível quantificar *a posteriori*, o espraçamento em qualquer zona do quebra-mar. Outro desenvolvimento da aplicação da técnica é a sua utilização na identificação de eventos de galgamento, fenómeno que decorre do espraçamento, quando a lâmina de água ultrapassa o coroamento da estrutura.

A presente comunicação avalia o desempenho da metodologia *Timestack*, quer na determinação do espraçamento em ensaios tridimensionais, quer na identificação dos eventos de galgamento em ensaios bidimensionais. No primeiro caso, comparam-se parâmetros estatísticos do espraçamento (R_{umax} , R_{umin} , R_{umed} e $R_{u2\%}$), obtidos com a sonda resistiva e com a metodologia *Timestack* num modelo físico tridimensional de um quebra-mar de taludes, cujo manto resistente é constituído por cubos Antifer. A validação da metodologia foi realizada durante os ensaios com uma direção de agitação praticamente frontal ao talude, tendo sido posteriormente testada durante os ensaios com uma direção de agitação com obliquidade. No segundo caso, foi possível identificar eventos de galgamento em ensaios bidimensional de um quebra-mar de taludes com o manto resistente também composto por cubos Antifer.

Materiais e Métodos

Caracterização dos modelos físicos

O modelo físico tridimensional, Figura 1^a, foi construído nas instalações experimentais do Departamento de Hidráulica e Ambiente (DHA) do LNEC, num tanque de ondas do Pavilhão de Hidráulica Marítima com 43 m de comprimento, 25 m de largura e 1.5 m de altura, equipado com 2 geradores móveis de ondas irregulares com 6.0 m de comprimento cada, para profundidades de água até 0.75 m. O modelo foi construído e explorado à escala 1:58.9 e representava um quebra-mar de taludes cujo manto resistente era constituído por cubos Antifer, colocados de modo arrumado.

O modelo físico bidimensional, Figura 1b foi construído no canal de ondas irregulares do LNEC CO11, com 0.8 m de largura, 0.8 m de altura útil e 50 m de comprimento e representava um quebra-mar de taludes cujo manto resistente era também constituído por cubos Antifer, colocados de modo arrumado. A Figura 1 ilustra o aspeto de ambos os modelos físicos.

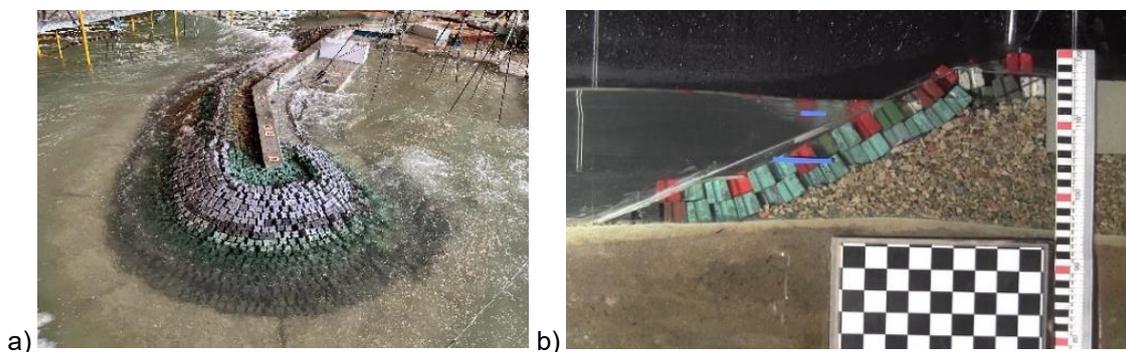


Figura 1. Aspeto dos modelos físicos: a) tridimensional; b) bidimensional

Análise vídeo do espraçamento

Para os dois modelos físicos, foram realizados vídeos, durante o tempo ensaio, com uma frequência de 25 frames/s. De modo a validar a metodologia, nos ensaios com direção de agitação frontal ao talude, foi colocada uma sonda resistiva ao longo do talude de modo a medir o espraçamento, tendo sido analisados 10 minutos de ensaio, sendo o registo da sonda síncrono com o registo de imagem.

A metodologia seguida para extrair os valores de espraçamento através das imagens vídeo é a Andriolo (2019) e consiste na aplicação de três módulos de software elaborados em Matlab. O primeiro módulo de software extrai as imagens com uma frequência pré-definida e permite definir as coordenadas da linha transversal (transeto) coincidente com a face do talude do quebra-mar onde se pretende avaliar o espraçamento (linha vermelha, Figura 2a). Obtém-se uma imagem *TimeStack* (Figura 2b), resultante da "colagem" dos pixels extraídos das várias imagens (frames) na zona do segmento de reta (transeto) ao longo do período de duração do filme. O segundo módulo permite identificar manualmente, as posições dos valores mais elevados da elevação na imagem *TimeStack*. O terceiro módulo consiste no cálculo dos valores de espraçamento através da transformação das posições marcadas nas imagens *TimeStack* (em pixel, Figura 3a) em valores de cotas (em unidades métricas) acima do nível de repouso, Figura 3b).

A metodologia atrás descrita refere-se ao ensaio com direção de agitação frontal, mas é em tudo semelhante aos ensaios com direção de agitação com obliquidade, variando apenas a direção do transeto onde se pretende analisar o espraçamento, Figura 4a). A Figura 4b) ilustra um segmento do *TimeStack* obtido.

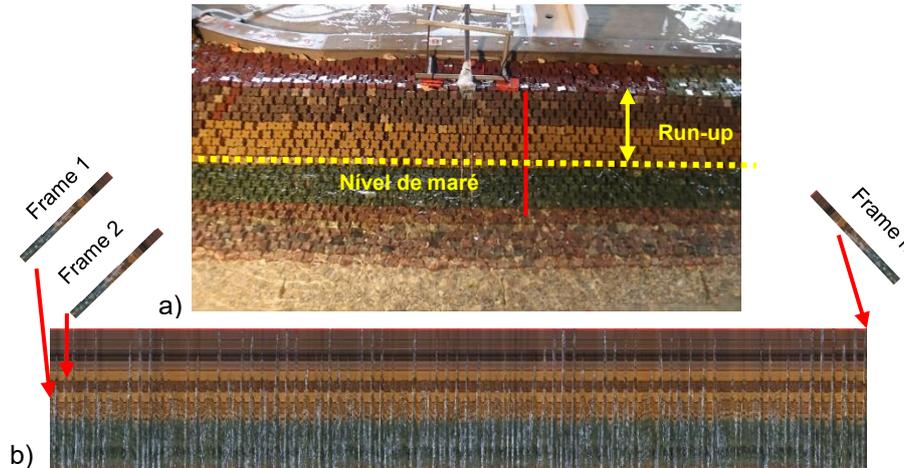


Figura 2. Direção de incidência frontal: a) Identificação do transecto; b) Criação do *TimeStack*

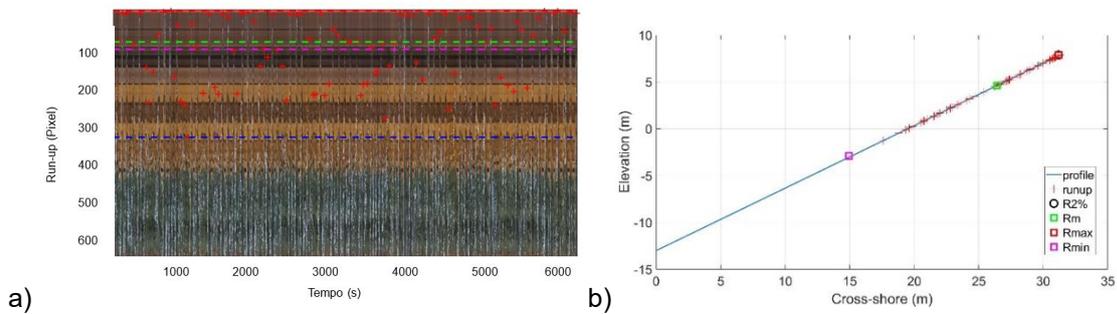


Figura 3. Direção de incidência frontal: a) Eventos de espraiamento ao longo do talude; b) Identificação dos pontos correspondentes a $R_{u_{max}}$, $R_{u_{min}}$, $R_{u_{2\%}}$ e $R_{u_{med}}$



Figura 4. Direção de incidência oblíqua: a) Identificação do transecto; b) Segmento do *TimeStack* obtido

Resultados

Análise de vídeo do espraiamento

Na Tabela 1 são apresentados os valores comparativos dos parâmetros estatísticos do espraiamento, obtidos com a metodologia *TimeStack* e com a sonda resistiva, nos ensaios em modelo tridimensional considerando a agitação incidente frontal ao talude. Verificou-se que os valores de $R_{u_{2\%}}$ e $R_{u_{max}}$ têm uma boa convergência. A menor convergência verificou-se nos valores de $R_{u_{med}}$, possivelmente devido à dificuldade na identificação de todas as cristas. Com efeito, quanto maior a duração do vídeo em análise, maior o comprimento da imagem *Stack*, dificultando a identificação das cristas correspondentes às alturas de onda intermédias.

Para os ensaios tridimensionais com incidência oblíqua ao talude, foram obtidos para R_{med} , $R_{2\%}$ e R_{max} os valores de 8.3, 10.9 e 10.9 m, respetivamente. Como não foi possível comparar estes valores com os registados numa sonda resistiva, verificou-se que, devido à ocorrência de galgamento, o R_{max} é compatível com o valor do bordo livre em baixa-mar (cerca de 11.0 m).

Tabela 1. Parâmetros estatísticos do espraio obtidos com vídeo e com sonda resistiva

Ensaio	Metodologia	RU_{med}	$RU_{2\%}$	RU_{max}
S35E_Tp22_H8_PM	Vídeo	7.903	8.445	8.736
	Sonda	4.983	8.011	8.087
S35E_Tp20_H6_PMS	Vídeo	5.238	7.866	7.866
	Sonda	4.038	7.129	7.229

Análise de vídeo do galgamento

No que diz respeito à identificação de eventos de galgamento ao nível do coroamento da obra, o transecto foi definido na perpendicular ao coroamento num ponto correspondente ao início da superestrutura (Figura 5a). Este transecto pode considerar-se um homólogo de uma sonda, tendo sido obtida uma imagem Stack com a ocorrência e magnitude dos eventos (Figura 5b). A análise do galgamento neste transecto, permitiu identificar as cotas atingidas pelos eventos ocorridos. As cotas máxima e mínima atingidas pelo galgamento ao longo desse transecto foram de 5.77 m e de 0.29 m respetivamente.

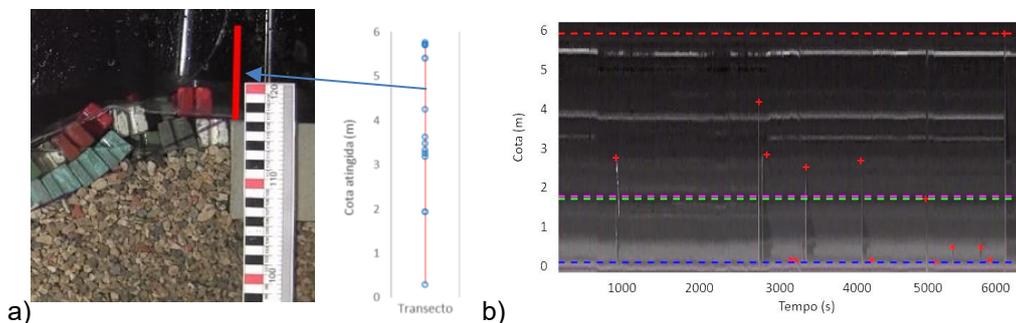


Figura 5. Eventos de galgamento: a) Transecto b) Identificação dos eventos no *TimeStack*

Conclusões

Neste trabalho, descreve-se a aplicação da técnica de análise de vídeo *TimeStack* à determinação do espraio durante os ensaios em modelo físico tridimensionais com duas direções de agitação: uma praticamente frontal à seção em estudo e outra obliquidade. A técnica foi ainda aplicada à deteção de eventos de galgamento e quantificação das cotas atingidas pelos mesmos, em ensaios bidimensionais.

Os resultados obtidos com a técnica de vídeo nos ensaios tridimensionais com direção da agitação incidente frontal foram comparados com as medições de uma sonda colocada sobre o talude e confirmaram que a técnica de imagem de vídeo é uma alternativa viável para medir o espraio. De igual modo, mas de forma qualitativa, obtiveram-se resultados coerentes na aplicação da técnica na estimativa do espraio nos ensaios tridimensionais com direção da agitação incidente oblíqua e na deteção dos eventos de galgamento em ensaios bidimensionais.

Existem, contudo, alguns fatores a ter em conta, dado que se trata de uma técnica de análise de imagem: a) a utilização de faixas de cores bem definidas na pintura dos blocos do manto resistente é de grande utilidade na definição do transecto e na seleção dos pontos correspondentes às cristas; b) a duração do filme não deverá ter muito mais do que 10 minutos, sob pena de a seleção manual das cristas num *TimeStack* muito denso, se tornar pouco precisa.

Referências Bibliográficas

- Andriolo (2019), MATLAB programs for the video analysis of wave run-up measurements on a breakwater in a laboratory flume, Bsafe4sea project report.
- Lemos, R., Fonte, R., Fortes, C.J.E.M., Andriolo, U., Rito, J. (2022). Determinação do espraio em quebra-mares de talude através da metodologia Timestack e através de sonda resistiva. uma análise comparativa. XXV ENMC, XIII ECTM, 9º MCSul e IX SEMENGO, 19 a 21 de outubro (online).