

## Quantificação do transporte sedimentar em ondas assimétricas e correntes

Tiago Abreu<sup>1</sup>, Paulo A. Silva<sup>2</sup> e Francisco Sancho<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico de Viseu & CESAM, ESTGV Campus de Repeses, 3504-510, Viseu, Portugal.  
[tabreu@estv.ipv.pt](mailto:tabreu@estv.ipv.pt).

<sup>2</sup>Universidade de Aveiro & CESAM, Campus Universitário de Santiago, 3810-193, Aveiro, Portugal.  
[psilva@ua.pt](mailto:psilva@ua.pt).

<sup>3</sup>Laboratório Nacional de Engenharia Civil - DHA, Av. do Brasil, 101, 1700-066, Lisboa, Portugal  
[fsancho@lnec.pt](mailto:fsancho@lnec.pt).

### 1. Introdução e metodologia

As alterações morfológicas dos sistemas costeiros decorrentes de fenómenos de erosão e assoreamento têm sido uma preocupação constante da nossa sociedade. Em particular, a comunidade técnica e científica tem-se empenhado na análise dos processos envolvidos na região próxima do leito que são fundamentais para o entendimento e previsão do trânsito sedimentar. A interação das ondas marítimas com as correntes médias são os principais agentes responsáveis pelo transporte de sedimentos nas zonas costeiras. Diversos investigadores têm realizado experiências em laboratório de forma a analisar a influência da assimetria das ondas e de correntes, contribuindo, igualmente, para a melhoria do entendimento e da quantificação da dinâmica sedimentar (e.g., Watanabe e Sato, 2004; Silva *et al.*, 2011; Dong *et al.*, 2013).

O reconhecimento da importância dessas assimetrias tem motivado o desenvolvimento de modelos empíricos ou semi-empíricos de transporte de sedimentos que incorporam os efeitos não lineares do escoamento oscilatório. Por exemplo, alguns autores desenvolveram modelos cuja previsão das taxas de transporte sedimentar é obtida a partir das tensões de atrito geradas sobre o fundo, através da inclusão direta de séries temporais ou de pontos conspícuos de velocidades e acelerações (Drake e Calantoni, 2001; Hoefel e Elgar, 2003; Nielsen, 2006; Silva *et al.*, 2006; Abreu *et al.*, 2013).

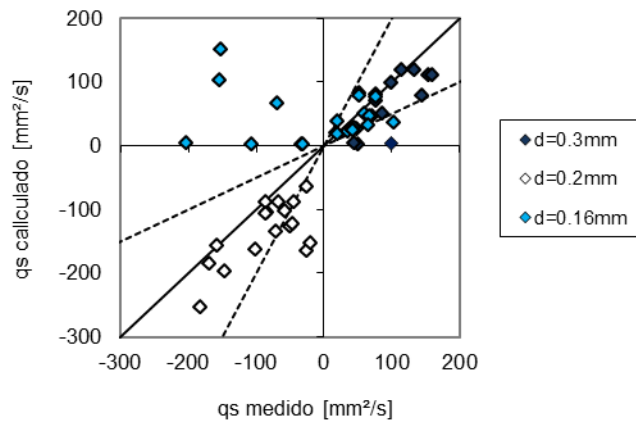
Nesta comunicação são apresentados e analisados os resultados da aplicação de diferentes formulações para o cálculo do transporte sedimentar a um conjunto de dados experimentais relativo a escoamentos oscilatórios assimétricos onde também coexistem correntes (Watanabe e Sato, 2004; Silva *et al.*, 2011; Dong *et al.*, 2013). O recente conjunto de dados de Dong *et al.* (2013) contempla 53 condições hidrodinâmicas diferentes em regime de leito plano superior (“*sheet flow*”) obtidas no túnel de água oscilante da Universidade de Tóquio, complementando experiências anteriores (e.g., Silva *et al.*, 2011). A utilização de três dimensões medianas de grãos de sedimentos ( $d_{50}=0.16, 0.2$  e  $0.3$  mm), de períodos da oscilação que variam entre 3 e 7 s e de escoamentos oscilatórios assimétricos que, por vezes, coexistem com uma corrente média com sentido contrário ao da propagação da onda, representativa das correntes de retorno, torna o conjunto de dados aliciente para validação dos modelos de transporte sedimentar.

A figura 1 exemplifica alguns resultados comparativamente aos valores medidos por Dong *et al.* (2013). Os valores da taxa de transporte foram calculados por uma formulação que contempla um novo estimador de tensões de atrito sob ondas não-lineares (Abreu *et al.*, 2013). Essa previsão foi obtida utilizando uma rugosidade de fundo constante e igual a  $15d_{50}$ . Embora exista um bom ajuste para os sedimentos de maior dimensão ( $d_{50}=0.2$  e  $0.3$  mm), melhores resultados seriam obtidos caso fossem consideradas rugosidades diferentes para cada sedimento. Relativamente ao sedimento mais fino ( $d_{50}=0.16$  mm), algumas condições experimentais evidenciam que o transporte médio se processa no sentido contrário ao previsto pelo modelo, i.e., o transporte dá-se no sentido oposto ao da propagação da onda. Trata-se de casos onde o período oscilatório é diminuto ( $T=3$  s), onde intervêm mecanismos que não são contemplados pelo modelo de transporte apresentado. Esses efeitos são, provavelmente, associados à considerável suspensão de sedimentos finos e ao desfaseamento significativo entre velocidades e concentrações de sedimentos (e.g., Dohmen-Janssen *et al.*, 2002).

Este tipo de estudos contribui para um maior entendimento da dinâmica sedimentar induzida por ondas assimétricas na presença de correntes de fundo, cujas características estão associadas a alterações morfológicas de zonas costeiras.

### 2 Referências Bibliográficas

- Abreu, T., Michallet, H., Silva, P.A., Sancho, F., van Der A, D.A. and Ruessink, B.G. 2013. "Bed shear stress under skewed and asymmetric oscillatory flows." *Coastal Engineering*, 73 : 1-10.
- Dohmen-Janssen, C.M., Kroekenstoel, D.F., Hassan, W.N. and Ribberink, J.S., 2002. "Phase lags in oscillatory sheet flow: experiments and bed load modelling." *Coastal Engineering*, 46 (1): 61-87.
- Dong, L.P., Sato, S. and Liu, J. 2013. "A sheetflow sediment transport model for skewed-asymmetric waves combined with strong opposite currents." *Coastal Engineering*, 71: 87-101.
- Drake, T.G. and Calantoni, J. 2001. "Discrete particle model for sheet flow sediment transport in the nearshore." *Journal of Geophysical Research*, 106, C9: 19859-19868.
- Hoefel, F. and Elgar, S. 2003. "Wave-induced sediment transport and sandbar migration." *Science* 299: 1885-1887.
- Nielsen, P. 2006. "Sheet flow sediment transport under waves with acceleration skewness and boundary layer streaming." *Coastal Engineering*, 53(9): 749-758.
- Silva, P.A., Temperville, A. and Seabra Santos, F. 2006. "Sand transport under combined current and wave conditions: A semi-unsteady, practical model." *Coastal Engineering*, 53(11): 897-913.
- Silva, P. A., Abreu, T., van der A, D.A., Sancho, F., Ruessink, B.G., Van der Werf, J.J. and Ribberink, J.S. 2011. "Sediment transport in non-linear skewed oscillatory flows: the Transkew experiments." *Journal of Hydraulic Research*, 49(sup1) : 72-80.
- Watanabe, A. and Sato, S. 2004. "A sheet-flow transport rate formula for asymmetric, forward-leaning waves and currents." In: *Proc. 29th Int. Conf. on Coastal Eng.*, 1703-14.



**Fig. 1. Taxa de transporte sedimentar,  $q_s$ , sob a ação de ondas assimétricas e correntes, medida (Dong *et al.*, 2013) versus prevista, para diversas dimensões dos sedimentos ( $d_{50}$ ).**