



MODELAÇÃO MORFODINÂMICA DA MIGRAÇÃO DAS EMBOCADURAS DE MARÉ

Xavier Bertin¹, André B. Fortunato², Anabela Oliveira², Guillaume Dodet² e Nicolas Bruneau².

¹ UMR 6250 LIENSS CNRS- Université de La Rochelle, Institut du Littoral et de l'Environnement, 2 rue Olympe de Gouges, 17 000 La Rochelle, France. xbertin@univ-lr.fr

² Departamento de Hidráulica, LNEC, Avenida do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Portugal.

1. Introdução

Devido à acção combinada da maré e das ondas, as embocaduras de maré são geralmente caracterizadas por uma dinâmica sedimentar bastante forte, que pode induzir alterações morfológicas rápidas. Entre as várias alterações morfológicas observadas, a migração do canal principal é um fenómeno frequentemente observado em numerosas embocaduras. Embora seja um fenómeno natural, a migração de embocaduras pode resultar em vários problemas, como ameaçar habitações localizadas no cordão litoral, diminuir a eficácia hidráulica do canal e deteriorar a qualidade da água na laguna. A migração de embocaduras é classicamente explicada pela predominância do transporte longilitoral de um lado da embocadura, induzindo uma acumulação de areia a barlar e a uma erosão a sotamar. No entanto, uma análise detalhada dos processos físicos controlando este mecanismo ainda não se encontra na literatura. Além disso, este mecanismo relativamente simples não é a norma, até porque uns autores relataram fenómenos de migração no sentido oposto ao do transporte longilitoral (Aubrey e Speer, 1984). O desenvolvimento recente de sistemas de modelação morfodinâmica e a sua aplicação a embocaduras (Cayocca, 2001; Bertin et al., 2009b) aparece como uma perspectiva promissora para investigar em detalhe este fenómeno. Este estudo visa aplicar o sistema de modelação morfodinâmica MORSYS2D (Fortunato e Oliveira, 2004; Bertin et al., 2009a) para simular a migração da embocadura do Ancão (costa do Sul de Portugal) e analisar os processos físicos responsáveis pela sua migração.

2. Descrição do sistema em estudo

A barra do Ancão é uma das seis entradas da Ria Formosa, localizada na costa do sul de Portugal. Em Julho de 1997, a barra foi realocada artificialmente 3500 m a Oeste da sua posição precedente, a fim de melhorar sua eficiência hidráulica e a renovação subsequente da água na parte ocidental da Ria Formosa. A área de estudo é afectada por marés semi-diurnas, cuja amplitude varia de 1 m a mais de 3.5 m (regime meso-tidal) e que induzem correntes fortes nas entradas. O regime anual de agitação é caracterizado por ondas da altura significativa $H_s = 0.92$ m e período de pico $T_p = 8.0$ s, embora as tempestades do Inverno possam produzir ondas superiores a $H_s = 5$ m. As ondas provenientes de Oeste dominam o clima anual (66% das ocorrências) enquanto ventos de SE (Levante) geram ondas do curto período representando 29% do clima anual (Pires, 1998). Este regime de agitação conduz a um transporte longilitoral dirigido a Sudeste, cujas avaliações variem fortemente na literatura, desde 6000 m³/ano (Andrade, 1990) até 300000 m³/ano (Bettencourt, 1994). Este transporte longilitoral foi invocado para explicar a migração da barra do Ancão para Sudeste com taxas que variam de 50 a 100 m/ano (Vila Concejo et al., 2004).

3. A estratégia de modelação

O sistema MORSYS2D visa simular a dinâmica hidro-sedimentar e a evolução morfológica em regiões litorais devidas a acção da maré, das ondas, do vento e dos caudais fluviais. Neste estudo, o sistema combina o modelo hidrodinâmico ELCIRC (Zhang et al., 2004), o modelo de agitação SWAN (Boijj et al., 1999) e o modelo de transporte SAND2D (Fortunato e Oliveira, 2004, Bertin et al., 2009a). Os modelos ELCIRC e SWAN foram forçados a partir dos modelos regionais de maré de Fortunato et al. (2002) e de ondas de Dodet et al. (2010), respectivamente. Os modelos ELCIRC e SAND2D usam a mesma malha não-estruturada, cuja resolução varia de 1000 m ao longo da fronteira aberta até 3 m na zona da embocadura (Figura 1). O modelo SWAN usa uma primeira malha rectangular com uma resolução de 200 m, na qual foi encaixada uma secunda malha curvilinear com uma resolução variando de 20 m até 3 m na

zona da embocadura (Figura 1). A corrida foi iniciada em Janeiro de 2001 para um período de 5 meses, durante o qual a embocadura efectuou uma migração excepcional de 200 m.

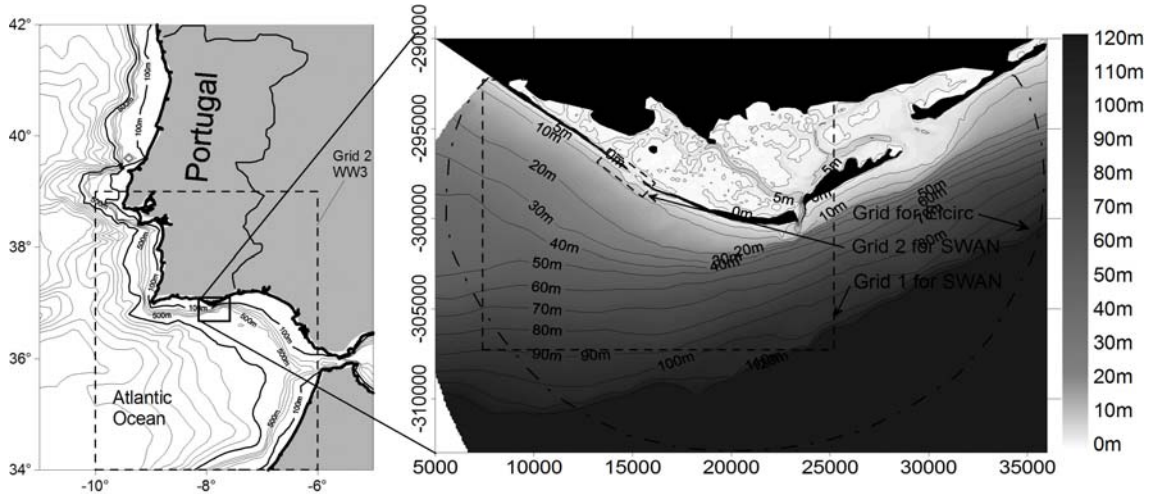


Figura 1. Localização da zona de estudo e estratégia de modelação.

4. Principais resultados e conclusões

A comparação com os dados de campo (elevações, correntes e ondas) adquiridos no âmbito do projecto Europeu INDIA mostrou que o sistema de modelação MORSYS2D é capaz reproduzir a hidrodinâmica da Barra do Ancão com erros RMS normalizados da ordem dos 10%. Em termos de evolução morfológica, a comparação entre a batimetria medida em Junho de 2001 e a batimetria prevista após 5 meses de simulação mostrou que apesar de umas diferenças na posição e na morfologia dos deltas de maré, MORSYS2D consegue reproduzir a migração da embocadura no sentido do transporte longitudinal de 200 m. Considerou-se assim que o modelo é capaz de capturar os processos físicos responsáveis pela migração da embocadura e procedeu-se a análise destes processos. A comparação entre os fluxos sedimentares a montante da embocadura e a taxa de migração do canal principal mostrou uma correlação razoável mas também revelou que este parâmetro não é o único que controla a migração. Uma análise espectral da taxa de migração revelou que a migração acontece principalmente em condições de marés vivas. A interpretação preliminar deste fenómeno é que as condições de marés mortas são caracterizadas por correntes de maré fracas demais para expulsar o sedimento depositado pelas ondas, o que impede a erosão da margem a sotamar e subsequentemente a migração do canal. Estas conclusões terão de ser verificadas noutros sistemas.

5. Referências Bibliográficas

- Aubrey, D.G., Speer, P.E., 1984. Updrift migration of tidal inlets (Nauset Inlet, Cape Cod), *Journal of Geology* 92 (5) 531-545.
- Bertin, X., Oliveira, A. e Fortunato, A.B. 2009a. Simulating morphodynamics with unstructured grids: description and validation of a modeling system for coastal applications, *Ocean Modelling*, 28/1-3: 75-87.
- Bertin, X., Fortunato, A.B. e Oliveira, A. 2009b. A modeling-based analysis of processes driving wave-dominated inlets, *Continental Shelf Research*, 29/5-6: 819-834.
- Booij, N., Ris, R.C. e Holthuijsen, L.H. 1999, "A third-generation wave model for coastal regions, Part I, Model description and validation", *Journal of Geophysical Research*, C4, 104, 7649-7666.
- Cayocca, F., 2001. Long-term morphological modeling of a tidal inlet: the Arcachon Basin, France. *Coastal Engineering* 42, 115-142.
- Dodet G., Bertin, X. e Taborda, R. 2010. "Wave climate variability in the North-East Atlantic Ocean over the last six decades", *Ocean Modelling*, 31 (3-4), 120-131.
- Fortunato, A.B. e Oliveira, A. (2004). A modeling system for tidally driven long-term morphodynamics, *J. Hydraulic Research*, 42/4: 426-434.
- Fortunato, A.B., Pinto, L., Oliveira, A. e Ferreira, J.S. 2002. "Tidally generated shelf waves off the



Morfodinâmica Estuarina e Costeira

Lisboa, LNEC, 3-4 de Fevereiro de 2011

- western Iberian coast”, *Continental Shelf Research*, 22 (14), 1935-1950.
- Pires, H.O., 1998. Project INDIA, preliminary report on wave climate at Faro. Instituto de meteorologia, IST, Lisbon, 36 pp.
- Vila-Concejo, A., Ferreira, Ó., Morris, B.D., Matias, A. and Dias, J.M.A., 2004. Lessons from inlet relocation: examples from Southern Portugal, *Coastal Engineering* 51, 967-990.
- Zhang, Y.L., Baptista, A.M. e Myers, E.P. 2004. “A cross-scale model for 3D baroclinic circulation in estuary–plume–shelf systems: I. Formulation and skill assessment”, *Continental Shelf Research* 24 (18), 2187-221.