

APLICAÇÃO DO SISTEMA Delft3D NA MODELAÇÃO DE CORRENTES LONGITUDINAIS

João Gil¹, António A. Pires Silva¹ e Conceição J. Fortes²

¹Instituto Superior Técnico, ULisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001, Lisboa, Portugal.

joao.pedro.dos.santos.gil@ist.utl.pt, aps@civil.ist.utl.pt.

²Núcleo de Portos e Estruturas Marítimas, Departamento de Hidráulica e Ambiente, LNEC, Av. Brasil 101, 1700-066, Lisboa, Portugal. jfortes@lneec.pt.

1. Introdução

A hidrodinâmica das zonas litorais é fortemente condicionada pela rebentação das ondas de superfície geradas pelo vento. A transferência de energia para a coluna líquida, subsequente à mencionada rebentação, induz sobre-elevação do nível médio (*wave set-up*) e, no caso de incidência oblíqua, um padrão de correntes de predominância longitudinal. Esta circulação junto às costas, especialmente em costas baixas arenosas, desempenha um papel importante na dispersão de poluentes, no transporte de sedimentos e, por conseguinte, na morfodinâmica costeira.

Longuet-Higgins e Stewart (1962, 1964) introduziram o conceito de tensões de radiação (excesso de fluxo de quantidade de movimento associado às ondas de superfície) que se revelou muito frutífero no desenvolvimento da representação do forçamento do escoamento médio pelo campo de ondas. Deste modo, este conceito tem sido a base da modelação da interacção de ondas e correntes. A uma escala regional esta interacção tem sido considerada com o acoplamento de modelos de ondas e modelos hidrodinâmicos de circulação. Tal levanta questões como a natureza dos fenómenos de subescala a incluir, qual o nível de acoplamento, qual a taxa de troca de informação entre os dois modelos.

No estudo que se apresenta, usou-se o sistema de modelos numéricos Delft3D (Deltares 2012) para simular a circulação longitudinal forçada por um estado de agitação especificado. A verificação dos resultados simulados recorreu aos ensaios experimentais obtidos na *Large-Scale Sediment Transport Facility*, desenvolvida no *US Army Engineer Research and Development Center's Coastal and Hydraulics Laboratory* (Hamilton and Ebersole 2001) em Vicksburg, Mississippi.

2. Modelos Numéricos

O sistema Delft3D é composto por vários módulos numéricos que representam diversas capacidades do sistema. No caso em estudo foram utilizados o Delft3D-FLOW, para a componente hidrodinâmica, e o SWAN - *Simulating WAVes Nearshore* (Booij et al. 1999) como forçador da parte das ondas (*wave driver*). Para modelar a interacção onda-corrente o Delft3D-FLOW usa uma versão em coordenadas verticais σ e uma formulação GLM (*Generalized Lagrangian Mean*) das equações do escoamento médio (Groeneweg e Klopman 1998). O acoplamento usa o conceito de tensões de radiação combinado com a actuação, na zona de *surf*, de um modelo de *roller* que causa dissipação de energia adicional.

Por sua vez, o SWAN é um modelo numérico espectral de média em fase de terceira geração, largamente testado em domínios de diversas geometrias e natureza. Este modelo recorre a esquemas numéricos implícitos, e por isso incondicionalmente estáveis. A sua formulação matemática centra-se na equação de balanço de acção de onda (quociente entre a densidade espectral de variância e a frequência relativa). O modelo tem em conta os processos físicos próprios da propagação da agitação marítima em águas pouco profundas, nomeadamente a refração, o empolamento, a dissipação por atrito no fundo, a rebentação induzida pelo fundo e as interacções quase ressonantes a três e quatro ondas. Para a aplicação referida, o modelo foi utilizado sem o forçamento de um campo de ventos.

3. Dados Experimentais e Resultados do Modelo Numérico

As simulações numéricas foram comparadas com as medições obtidas na instalação LSTF do *US Army Engineer Research and Development Center's Coastal and Hydraulics Laboratory* (Hamilton e Ebersole 2001) em Vicksburg, Mississippi. O aspecto essencial a garantir na experiência em causa relaciona-se com a uniformidade, ao longo da praia, do padrão de correntes longitudinais. Tal decorre das características da

referida experiência, que recria uma situação ideal e esquemática de forçamento através de um campo de ondas uniforme ao longo de uma praia também com características uniformes e com uma extensão infinita. Para simular experimentalmente tal situação foi preparado um esquema de recirculação, através de um conjunto de bombas colocadas nas fronteiras laterais, cujos caudais são ajustáveis. Foram obtidas medições de níveis e das velocidades em diversos pontos do domínio. A Figura 4 apresenta um esquema do modelo físico, incluindo o sistema de eixos cartesianos adoptado e as quatro secções transversais onde foram obtidas as medições (X9, X13, X17 e X21). Os resultados numéricos, obtidos com o sistema Delft3D, de variação do nível médio associados ao *wave set-down* e *wave set-up*, da velocidade da corrente longitudinal a uma determinada profundidade (cerca de 1/3 da coluna líquida) e da variação da altura significativa na direcção normal à praia são comparados com as medições em laboratório.

A Figura 1 representa a velocidade da corrente longitudinal (v_L), enquanto as Figuras 2 e 3 ilustram, respectivamente, a variação do nível médio (η) e a altura significativa das ondas (H_{m0}). É ainda de realçar que, quer no modelo físico, quer no modelo numérico, os dados apresentados resultam da média de várias medições, realizadas ao longo de secções transversais à linha de costa acima referidas. As características essenciais da distribuição transversal da corrente longitudinal são bem reproduzidas pelo sistema acoplado (Figura 1), bem como a evolução da altura significativa (Figura 3), em particular a localização da zona de rebentação. A Figura 2 mostra que os valores da sobre-elevação do nível médio são alcançados pela simulação do sistema Delft3D. Já o abaixamento deste mesmo nível é subestimado, ainda que o andamento qualitativo seja seguido.

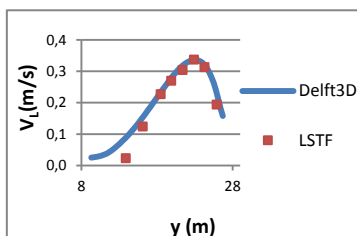


Figura 1 - Velocidade da corrente longitudinal, v_L .

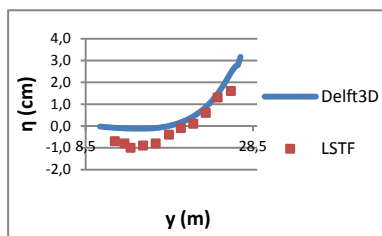


Figura 2 - Variação do nível médio, η .

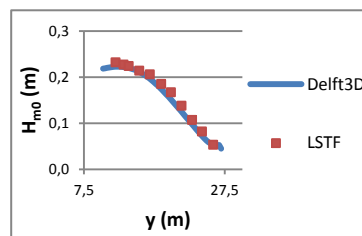


Figura 3 - Altura significativa das ondas, H_{m0} .

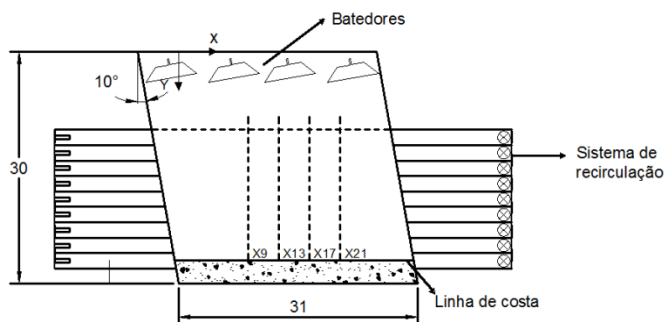


Figura 4 - Esquema ilustrativo da instalação LSTF.

4. Referências Bibliográficas

- Booij, N., Ris, R., Holthuijsen, L., 1999. "A third generation wave model for coastal regions: 1. Model description and validation", *Journal Geophysical Research*, 104: 7649–7666.
- Deltares, 2012. *Delft3D-FLOW User Manual*, version 3.15.20508.
- Groeneweg J., Klopman G., 1998. "Changes of the mean velocity profiles in the combined wave–current motion described in a GLM formulation", *Journal of Fluid Mechanics*, 370: 271–296.
- Hamilton D.G., Ebersole B.A., 2001. "Establishing uniform longshore currents in a large-scale sediment transport facility", *Coastal Engineering*, 42: 199–218.
- Longuet-Higgins M.S., Stewart R.W., 1962. "Radiation stress and mass transport in gravity waves, with applications to "surf beats", *Journal of Fluid Mechanics*, 13: 481–504.
- Longuet-Higgins M.S., Stewart R.W., 1964. "Radiation stresses in water waves : a physical discussion with applications", *Deep Sea Research*, 11: 529–562.