

AVALIAÇÃO DO EFEITO DOS DEPÓSITOS LAMÍTICOS NO POTENCIAL ENERGÉTICO  
DO RIO GRANDE DO SUL

Cuchiara<sup>1</sup>, D.C.; Marques<sup>1</sup>, W. C.; Fernandes<sup>1</sup>, E.H

<sup>1</sup> *Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Instituto de Oceanografia, Laboratório de Oceanografia Costeira e Estuarina. Avenida Itália, km 8, Campus Carreiros, Carreiros 96201-900 - Rio Grande, RS - Brasil - Caixa-Postal: 474 (53) 3293 5068. dmtdc@furg.br, wilian\_marques@yahoo.com, dfsehf@furg.br*

## RESUMO

O consumo mundial de energia elétrica cresce proporcionalmente com o desenvolvimento de cada país fazendo com que os tradicionais métodos de produção dessa energia contribuam para alguns dos sérios problemas ambientais pelos quais atravessa o planeta. Através da frequência de ocorrência de determinada altura de onda, é possível quantificar a energia do mar, o que torna esta informação fundamental para instalação de conversores de energia de ondas em energia elétrica. Consequentemente a partir do conhecimento do clima de ondas de cada região é possível determinar o potencial energético através do fluxo de energia transportado pelas ondas dominantes. Dentro deste contexto este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito dos depósitos lamíticos no potencial energético do Rio Grande do Sul através da utilização do modelo SWAN que considera o efeito de fundos lamosos em sua formulação. A avaliação foi realizada mediante a comparação dos resultados modelados na ausência da lama e com lama presente na faixa que identifica a localização da lama fluída na grade computacional.

A comparação dos resultados modelados com o SWAN sem lama e com lama mostrou uma grande atenuação na altura significativa da onda na faixa representativa da lama fluída no domínio computacional e consequentemente uma diminuição do potencial energético nestas áreas.

Palavras chave: Clima de ondas, atenuação das ondas, fluxo de energia, modelagem numérica.

## INTRODUÇÃO

O consumo mundial de energia elétrica cresce proporcionalmente com o desenvolvimento de cada país fazendo com que os tradicionais métodos de produção dessa energia contribuam para alguns dos sérios problemas ambientais pelos quais atravessa o planeta. A preocupação com os desequilíbrios ambientais faz com que as empresas e a sociedade em geral optem cada vez na utilização de tecnologias disponíveis ou pelo desenvolvimento de meios alternativos de produção de energia limpa e renovável, com a consciência de contribuir para um mundo mais saudável e equilibrado. As principais vantagens das energias renováveis são a sua grande abundância, a sua inesgotabilidade e o fato de terem poucos efeitos negativos sobre o ambiente. Dentre as principais fontes que geram energias renováveis encontra-se a energia proveniente do mar através das ondas oceânicas de gravidade. A energia das ondas tem um enorme potencial para gerar eletricidade sem poluir o meio ambiente onde estudos apontam que esse tipo de energia renovável pode ser aproveitado em várias regiões do mundo dependendo do clima de ondas

de cada região. Logo o rendimento de conversão de energia depende das características da onda incidente nomeadamente do período e altura da onda bem como da sua direção de propagação. Através da frequência de ocorrência de determinada altura de onda, é possível quantificar a energia do mar, o que torna esta informação fundamental para instalação de conversores de energia de ondas em energia elétrica. Consequentemente a partir do conhecimento do clima de ondas de cada região é possível determinar o potencial energético através do fluxo de energia transportado pelas ondas dominantes.

Estudos têm mostrado que a presença de depósitos lamíticos em plataformas internas absorvem a energia das ondas incidentes. (Dalrymple & Liu, 1978; Gade, 1958; Ng, 2000). Esses efeitos são de grande importância prática, e o entendimento e a quantificação desta interação entre as ondas e os fundos lamíticos têm despertado o interesse da comunidade científica (Holland et al. 2003).

Observações de campo e mapeamentos superficiais (Calliari et al, 1999; Calliari et al, 2000; entre outros) indicaram a presença de lama fluida em vários locais da plataforma continental na costa do Rio Grande do Sul, principalmente na região de Rio Grande. Além disso, estudos científicos com base em dados pretéritos e dados de campo combinados com experimentos de modelagem numérica demonstraram que a presença de lama fluida no fundo causa uma atenuação significativa no campo de ondas incidentes. (Cuchiara, 2009)

Dentro deste contexto este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito dos depósitos lamíticos no potencial energético do Rio Grande do Sul através da utilização do modelo SWAN (Winterwerp et al., 2007) que considera o efeito de fundos lamíticos em sua formulação.

A plataforma continental do Rio Grande do Sul, de Torres (29.5° S) até o Arroio Chuí (33.8° S), possui uma morfologia bastante regular e homogênea, com sua largura variando de 105 km a 190 km e presença de zona de quebra de plataforma na profundidade de 160 m (Martins et al., 1979). A costa apresenta uma configuração praticamente retilínea, possuindo a orientação NE-SW, o que dentro dos aspectos dinâmicos, lhe confere um caráter bem aberto e exposto à ação das ondas (Tomazelli & Villwock, 1992). Na região Central da plataforma interna adjacente a desembocadura da Laguna dos Patos zona de inter-relação entre o estuário e o oceano localizam-se os depósitos lamíticos provenientes da floculação da pluma de sedimentos sob a forma de lama fluída.

## **DESENVOLVIMENTO**

O efeito da lama fluída na atenuação das ondas é investigado através do modelo SWAN, atualmente o único modelo espectral de ondas de terceira geração que possui em sua formulação um módulo com termo fonte de dissipação de energia para fundos lamíticos (Cavaleri et al., 2007). A análise foi realizada em termos da variação da altura significativa da onda em todo o domínio computacional, e para um perfil longitudinal que contem pontos da grade computacional dentro da faixa representativa da lama fluida, e os demais em fundo rígido. A avaliação foi realizada mediante a comparação dos resultados modelados na ausência da lama e com lama presente na faixa que identifica a localização da lama fluída na grade computacional.

Os dados batimétricos necessários para a geração da malha do domínio estudado estão baseados nas cartas náuticas fornecidas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), e foram complementados com levantamentos batimétricos mais recentes e detalhados da

região, realizados durante o Projeto LEPLAC, da Marinha do Brasil. Estes dados batimétricos foram complementados por dados de linha de costa e topografia de fundo disponíveis na internet na NOAA/National Geophysical Data Center (<http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/seltopo.html>). O domínio computacional abrange toda a costa do Rio Grande do Sul, a grade batimétrica utilizada pelo modelo SWAN abrange localizada entre as longitudes 49° W e 53° W e as latitudes 29°S e 36°S, se estendendo em direção ao oceano até a profundidade de aproximadamente 100 m. Dados modelados de altura significativa ( $H_s$ ), período de pico ( $T_p$ ), direção de pico ( $D_p$ ) foram obtidos do modelo de ondas TOMAWAC (Benoit et al., 1996) que é um dos módulos integrantes do Sistema TELEMAC, um sistema de modelagem baseado na técnica de elementos finitos, desenvolvido pelo ©EDF - Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement da companhia Electricité de France (EDF), na França prescritos nos contornos oceânicos do domínio, constantes no espaço e variando no tempo. Dados de das componentes U e V da velocidade do vento foram extraídos do modelo global WAVEWATCH III (WW3) (Tolman, 2002), disponíveis no site <ftp://polar.ncep.noaa.gov/pub/history/waves/> fornecidos a cada 3 horas com resolução espacial de 1.00° de latitude e 1.25° de longitude.

Os parâmetros relativos à lama utilizados como condições iniciais e de contorno são a localização geográfica do depósito, a espessura, a densidade e a viscosidade. Nas simulações realizadas, a localização geográfica e a espessura da camada foram implementadas no modelo de acordo com o comportamento encontrado nos últimos cruzeiros oceanográficos. Foi considerada uma faixa de lama fluída de aproximadamente 2 Km de largura entre as isóbatas de 10 a 12 m, com espessura variável entre 0.40 e 0.30 m, respectivamente. A densidade foi considerada constante nesta faixa do modelo. com o valores utilizado de acordo com as amostragens realizadas durante a coleta de dados do Projeto Cassino, no período compreendido nos meses de entre 18 e 19 de outubro de 2004 e 26 e 28 de março de 2005. A viscosidade utilizada foi de 0.0027 m<sup>2</sup>/s estabelecida com base nos valores encontrados na literatura.

Para o tipo de investigação desejada o modelo SWAN foi aplicado em condições de mar representativas para a região tendo como foco uma série de eventos ocorridos no ano de 1998.

## CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que a variação espacial para a altura significativa modelada pelo SWAN sem lama mostrou uma diminuição gradativa na altura da onda quando esta se propagou de maiores profundidades em direção a costa, onde encontrou menores profundidades. Os resultados obtidos pelo modelo SWAN com lama na simulação que considerou a propagação da onda sobre uma faixa de lama fluída localizada entre 12 – 12.5 m de profundidade mostraram uma atenuação na altura significativa da onda nesta parte do domínio. A comparação dos resultados modelados com o SWAN sem lama e com lama para o perfil transversal mostrou uma atenuação em torno de 30% na altura significativa da onda na faixa representativa da lama fluída no domínio computacional.

O potencial energético em águas rasas no RS apresentou valores perfeitamente compatíveis com estimativas nessa faixa de latitudes e situados na parte oeste do Oceano Atlântico Sul. Entretanto é válido ressaltar que em locais da costa onde existe a presença de

lama fluída há uma brusca diminuição no fluxo de energia devido a atenuação sofrida pelas ondas

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENOIT, M., MARCOS, F., BECQ, F., 1996. Development of a third-generation shallow-water wave model with unstructured spatial meshing. **Proceedings of 25th International Conference on Coastal Engineering**, Am. Soc. Of Civ. Eng., New York, 465-478.
- CALLIARI, L.J. & GRIEP, M.F. 1999. Uma análise histórica dos efeitos produzidos por modificações antrópicas no estuário da Lagoa dos Patos-Natural versus provocado. In: FLORES, FF (ed.). Por uma história multidisciplinar do Rio Grande. Edigraf FURG, Brasil, 97-105.
- CALLIARI, L.J., SPERANSKI, N.S., TORRONTEGUY, M.E., OLIVEIRA, M.B. 2000. The mud banks of Cassino Beach, Southern Brazil: Characteristics, Processes and Effects. **Journal of Coastal Research**, ICS 2000 Proceedings:1-9.
- CAVALERI, L., ALVES, J.-H.G.M., ARDHUIN, F., BABANIN, A., BANNER M., BELIBASSAKIS, K., BENOIT, M., DONELAN, M., GROENEWEG, J., HERBERS, T.H.C., HWANG, P., JANSSEN, P.A.E.M., JANSSEN, T., LAVRENOV, L.V., MAGNE, R., MONBALIU, J., ONORATO, M., POLNIKOV, V., RESIO, D., ROGERS, W.E., SHEREMET, A., MCKEE SMITH, J., TOLMAN, H.L., VAN VLEDDER, G., WOLF, J., YOUNG, L. 2007. Wave modelling – The state of the art. **Progress in Oceanography**, 75 (4):603-674.
- CUCHIARA, D.C.; FERNANDES, E.H.; STRAUCH, J.C.; WINTERWERP, J.C.; CALLIARI, L.J. 2009. Determination of the wave climate for the Brazilian shelf. **Continental Shelf Research** 29, 545-555.
- DALRYMPLE, R.A., LIU, P.L.F., 1978. Waves over soft muds: a two-layer fluid model. **Journal of Physical Oceanography** 8, 1121–1131.
- GADE, H.G., 1958. Effects of a non-rigid, impermeable bottom on plane surface waves in shallow water. **Journal of Marine Research** 16 (2), 61–82.
- HOLLAND, K.T., KEEN, T., AND KAIHATU, J.M. 2003. Understanding coastal dynamics in heterogeneous sedimentary environments, **Coastal Sediments '03**, Clearwater Beach, FL.
- MARTINS, L.R., URIEN, C.M. & MARTINS, I.R., 2005. Gênese dos Sedimentos da Plataforma Continental Atlântica entre o Rio Grande do Sul (Brasil) e Tierra del Fuego (Argentina). **GRAVEL**, (3) 85-102.
- NG, C.O. 2000. Water waves over a muddy bed: a two-layer Stokes' boundary layer model. **Coastal Engineering**, 40:221–242.
- TOLMAN, H.L., 2002. User manual and system documentation of WAVE-WATCH III version 2.22. NOAA/NWS/NCEP/OMB **Technical Note** 222, 130 pp.
- TOMAZELLI, L.J., VILLWOCK, J.A. 1992. Considerações sobre o ambiente praiial e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas** 19(1):3-12.
- WINTERWERP, J.C., DE GRAFF, R.F., GROENEWEG, J., LUIJENDIJK, A.P. 2007. Modeling of wave damping at Guyana mud coast. **Coastal Engineering**, 54:249–261.