SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA PROPAGAÇÃO DE ONDAS NA PRAIA DO CASSINO

Rodrigo C. Lisboa[1]; Paulo R. F. Teixeira[2].

[1,2]Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande - FURG
Av. Itália km 8 – Carreiros, Rio Grande – RS CEP 96203-900
[1]lisboa_r@hotmail.com
[2]pauloteixeira@furg.br

RESUMO

Neste trabalho estudou-se a propagação de ondas na praia do Cassino, Rio Grande – RS pelo uso do modelo numérico de propagação e geração de ondas espectrais MIKE 21 SW desenvolvido pela DHI. Com o objetivo de validar e aferir o modelo utilizaram-se medições de ondas realizadas na região. Na fase de aferição do modelo, foram realizadas cinco análises avaliando diferentes metodologias para a geração de ondas locais pelo vento, dissipação de energia por atrito e considerações quanto ao regime de geração e propagação de ondas e compararam-se os resultados simulados com os três meses de medições em 2005. Com o modelo aferido, realizou-se a reconstituição da agitação ondulatória entre os anos de 1996 e 1999 e compararam-se os valores simulados com as medições nesse período. Verificou-se que o modelo foi capaz de reconstituir a agitação ondulatória com grande acurácia.

Palavras chave: Propagação de ondas, MIKE 21 SW, Praia do Cassino

INTRODUÇÃO

Resultante da ação dos ventos sobre a superfície dos oceanos, as ondas de gravidade possuem uma grande variabilidade de alturas, períodos e direções na zona de geração. Quando se distanciam do local onde foram geradas, as ondas tendem a se organizar em grupos de períodos e direções semelhantes devido ao fenômeno da dispersão (HOLTHUIJSEN, 2007).

Ao se propagarem em águas rasas e/ou intermediárias, as ondas sofrem uma série de transformações na sua altura, forma e direção que podem ser dadas por fenômenos conservativos (refração, difração e empolamento) e/ou não conservativos (rebentação e dissipação por atrito com o fundo). O grande avanço no entendimento do fenômeno ondulatório e da modelação matemática nas últimas décadas propiciou a previsão e a reconstituição da agitação ondulatória por modelos numéricos com grande precisão.

Inserido nesse contexto, o presente trabalho irá estudar a propagação de ondas na praia do Cassino. Para isso utilizou-se o modelo de propagação e geração de ondas espectrais MIKE 21 SW desenvolvido pela DHI. Para a aferição e validação do modelo numérico compararam-se os valores simulados de altura significativa (Hs), período de pico (Tp) e direção de pico (Dp) com os medidos em duas campanhas de medições.

A praia do Cassino, localizada no município de Rio Grande – RS, é classificada como uma praia arenosa dissipativa e situa-se em uma região de micromarés com fortes indícios de marés meteorológicas. A principal forçante local vem das ondas, que apresentam basicamente dois setores predominantes de incidência: Este-Nordeste (ENE), com Hs e Tp menores, e Sul-Sudeste (SSE), com Hs e Tp maiores.

OBJETIVOS

O objetivo geral desse trabalho é reproduzir e analisar a propagação de ondas na praia do Cassino, Rio Grande - RS. Já os objetivos específicos são: comparar os valores simulados de altura significativa (Hs), período de pico (Tp) e direção de pico (Dp) com os medidos com o objetivo de aferir e validar o modelo MIKE 21 SW para a região. Além disso, serão estudadas diferentes metodologias para a geração de ondas pelo vento local, a dissipação de atrito com o fundo e o regime utilizado para a propagação e a geração de ondas.

METODOLOGIA

Foi utilizado o modelo espectral MIKE 21 SW, desenvolvido pela DHI, do tipo *phase-averaging*, e que usa o método dos volumes finitos para resolução das equações constituintes (DHI, 2014). Para a discretização do domínio computacional utilizou-se uma malha não estruturada com 4.012 células (Fig.1). Os dados batimétricos foram obtidos através das cartas náuticas da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil) e foram interpolados nos nós da malha computacional pelo método da vizinhança natural.

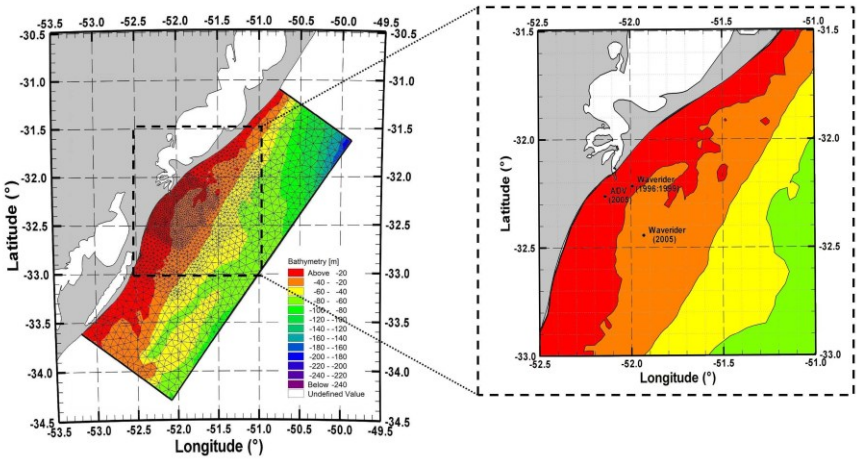

Figura 1 - Malha computacional, batimetria e localização dos pontos de medições.

Como condição de contorno, utilizaram-se os valores de Hs, Tp e Dp do ponto de coordenadas 33°00' S e 51°00' W obtidos com o NWW3 e disponíveis na base de dados histórica da NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). Os dados de ventos reanalisados, também foram retirados da base de dados da NOAA.

Para a discretização do espectro bidimensional foram utilizadas 36 direções de 0° a 360° e 25 frequências de 0,055 Hz a 0,55 Hz. Na condição de contorno foram impostos os espectros de frequência JONSWAP e direcional *Cosine Power* com fator de aprimoramento de pico γ = 3,3 e o espalhamento direcional de 25,5°.

Para aferição e validação do modelo numérico utilizaram-se duas campanhas de medições: Experimento Cassino e a realizada por Strauch. O Experimento Cassino, realizado em 2005, foi um projeto internacional realizado em colaboração com cientistas do Brasil, Estados Unidos, Alemanha e Holanda. Os principais objetivos do Experimento Cassino foram o estudo do comportamento das ondas e do transporte sedimentar em zonas costeiras com presença de sedimentos coesivos (HOLLAND et al, 2009). Na fase de aferição, foram utilizadas as medições realizadas por um ondógrafo direcional (WRD) e por um ADV fundeados nas profundidades de 25 m e 12 m, respectivamente. A campanha de medições

realizadas por Strauch teve início em 1996 e término 1999, o objetivo foi estudar o clima de ondas local através de um ondógrafo direcional fundeado na profundidade de 15 m.

Na aferição do modelo MIKE 21 SW foram comparados os valores simulados aos valores medidos na campanha de medições realizadas durante o Experimento Cassino. Foram realizadas cinco análises envolvendo diferentes metodologias para a geração de ondas pelo vento local, definição do coeficiente de atrito com o fundo e considerações quanto ao regime de propagação e geração de ondas. Na Tab. 1 são mostradas as características dessas análises, onde o vento local significa como se da à distribuição do vento ao logo do domínio e a separação de mares indica a separação entre vagas e ondulações para a imposição de dissipação por *white capping*.

Tabela 1 – Características das análises realizadas para a aferição do modelo MIKE 21 SW.

Parâmetros	Análise 1	Análise 2	Análise 3	Análise 4	Análise 5
Vento Local	Espacial	Espacial	Espacial	Constante	Não
Regime adotado	Estacionário	Estacionário	Não Estac.	Estacionário	Estacionário
Separação de mares	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Dissipação por Atrito	Não	Aferição	Sim	Sim	Sim

Para a validação utilizaram-se as características da análise que apresentou menor erro na fase anterior e compararam-se os valores de agitação ondulatória simulados com os medidos entre os anos de 1996 a 1999. Para quantificação dos resultados simulados, fez-se uma análise estatística utilizando os parâmetros adimensionais Vies relativo (Vr) e *Scatter Index* (SI).

RESULTADOS

Na etapa de aferição do modelo compararam-se os valores de Hs, Tp e Dp simulados com os valores medidos no ondógrafo direcional e no ADV. Devido ao grande volume de dados, foi apresentado apenas o diagrama de barras com a representação dos valores dos parâmetros estatísticos utilizados para quantificação da qualidade dos resultados modelados em cada análise (Fig. 2). Analisando o diagrama de barras, percebe-se que a Análise 3 é a que apresenta os menores erros, além disso, nota-se que é de extrema importância para a correta previsão da Hs a utilização da geração de ondas pelo vento local e da dissipação de atrito com o fundo, adotando um adequado coeficiente de dissipação por atrito com o fundo.

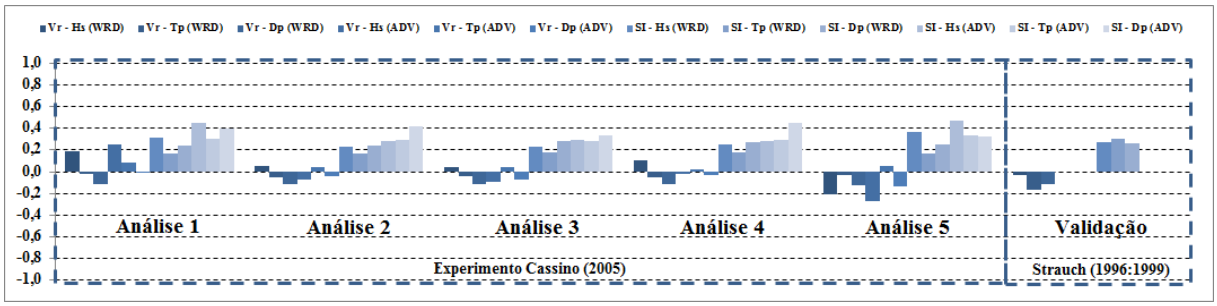

Figura 2 - Análise estatística para a aferição e validação do modelo.

Na Fig. 3 é mostrada a comparação entre valores simulados na Análise 3 e os valores medidos de Hs, Tp e Dp pelo ADV fundeado na cota -12 m. De maneira geral, os valores simulados possuem uma boa concordância com os valores medidos. Quanto a Hs, percebe-se que os valores simulados no caso de eventos extremos são levemente menores que os valores medidos. Tratando-se do Tp e Dp, em alguns instantes é verificada uma queda do Tp

associado com uma mudança da Dp. Isso se deve à bimodalidade de mares, ora com predominância das ondulações, ora das vagas. Nesses instantes, é que se dão as maiores diferenças entre os valores simulados de Tp e Dp e os valores medidos.

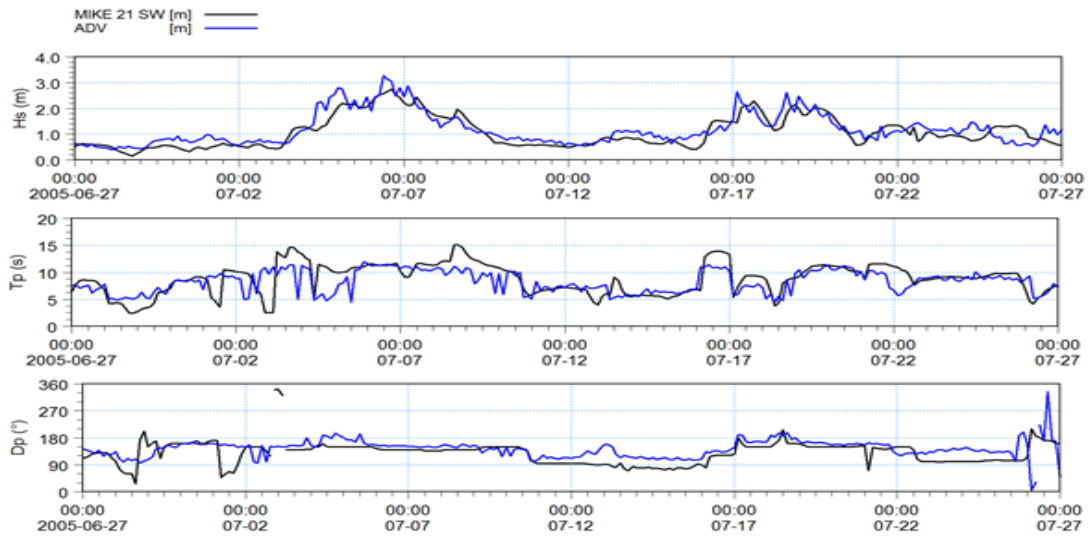

Figura 3 - Série temporal de Hs, Tp e Dp para a Análise 3.

Para a validação do modelo, utilizaram-se as medições realizadas entre os anos de 1996 a 1999 e as características da Análise 3, as quais apresentaram os melhores resultados na fase de aferição. Foi obtido um SI de 0,274, 0302 e 0,257 para Hs, Tp e Dp, respectivamente, evidenciando a qualidade da reprodução da condição ondulatória nesse período.

CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo estudar a propagação das ondas na praia do Cassino. Para isso, utilizou-se o modelo de propagação de ondas espectrais MIKE 21 SW. Com o objetivo de aferir e validar o modelo numérico compararam-se os valores de Hs, Tp e Dp simulados medidos em duas campanhas de medições.

Através das análises realizadas, observou-se que a imposição da geração das ondas pelo vento local e a determinação da correta dissipação por atrito com o fundo é essencial para a correta previsão da Hs. Escolheu-se a melhor das análises na fase de aferição, reconstituiu-se quatro anos de agitação ondulatória e comparou-se com medições obtidas por ondógrafo. Nessa etapa foi verificada uma boa concordância entre os valores numéricos e os medidos, mostrando a capacidade do modelo de reproduzir a propagação de ondas na região em estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DHI. 2014. MIKE 21 Spectral Wave Module, Scientific Documentation.

HOLLAND, K. T.; VINZON, S. B.; CALLIARI, L. J. 2009. A field study of coastal dynamics on muddy coast offshore of Cassino Beach, Brazil. Continental Shelf Research, v. 29, pp. 503 – 514.

HOLTHUIJSEN, L. H. 2007. Waves in Oceanic and Coastal Waters, Cambridge University Press, Vol. 1.