

AValiação de um sistema de previsão de ondas aplicado à costa Sul-Sudeste do Brasil

Nogueira, I. C. M.; Pereira, H. P. P.; Lourenço, T. S.; Cabral, I. S.; Fernandes, T. A.; Parente, C. E.

^{1,2,3,4} *Universidade Federal do Rio de Janeiro – Centro de Tecnologia – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – COPPE Avenida Athos da Silveira Ramos, Sala 104, Bloco I – Rio de Janeiro – RJ CEP 21941-611*

⁴ *parente@peno.coppe.ufrj.br*

RESUMO

Um sistema de previsão de ondas baseado no modelo de terceira geração WAVEWATCH III (WW3) foi desenvolvido e avaliado para a costa Sul-Sudeste do Brasil durante um evento de alta energia ocorrido em 12 de Maio de 2015. Foram testadas 4 diferentes implementações para o sistema de previsão, as quais incluem simulações com as versões 3.14 e 4.18 do WW3 forçado com ventos do *Global Forecast System* (GFS) com resoluções de 0,5 e 0,25°. Além disso, tendo em vista os esforços atuais em melhorar as parametrizações que governam o crescimento das ondas no WW3, foram testadas três combinações dos termos fontes do modelo: ST2 - Proposta por Tolman & Chalikov (1996); ST4 - Proposta por Ardhuin et al. (2010), e ST6 – BYDRZ (Zieger *et al.*, 2011). De maneira geral, os melhores resultados foram obtidos com a nova versão do WW3 (4.18) utilizando o ST4 e com vento GFS de 0,25°.

Palavras chave: previsão, ondas, costa brasileira.

INTRODUÇÃO

As ondas de gravidade na superfície do mar são de grande importância no desenvolvimento de operações portuárias e marítimas. Normalmente, as informações locais das ondas são obtidas por meio de dados coletados *in situ* por equipamentos de medição ou por meio de modelos numéricos, que simulam através de métodos numéricos e computacionais os processos de geração e propagação das ondas no mar. Quando aplicada a condições meteorológicas pretéritas, a modelagem numérica pode ser utilizada para determinação do clima de ondas e posterior análise de eventos extremos na região de interesse. Além disso, quando calibrados utilizando dados de boias ou satélites, tais modelos podem ser utilizados para prever com acurácia o estado do mar com dias de antecedência.

Atualmente, o PNBOIA opera uma rede de 5 boias meteo-oceanográficas espalhadas na costa brasileira. Para o presente trabalho serão avaliadas as boias de Rio Grande/RS, Florianópolis/SC e Santos/SP. As boias estão localizadas na região oceânica ao largo da costa Sul-Sudeste, que concentra grande parte as atividades *offshore* ligadas à exploração de petróleo no país. Dessa forma, o desenvolvimento de um sistema de previsão de ondas de modo a fornecer informações com até 7 dias de antecedência é muito importante para suporte a operação dos sistemas de produção marítima na região.

Para esta avaliação, optou-se por escolher um evento bastante energético que ocorreu no dia 12 de Maio de 2015, o qual foi registrado por essas três boias (Figura 1). É possível identificar a chegada dessa ondulação com uma defasagem de aproximadamente 12 horas entre cada boia, com altura significativa (H_s) chegando a quase 7 m em Florianópolis.

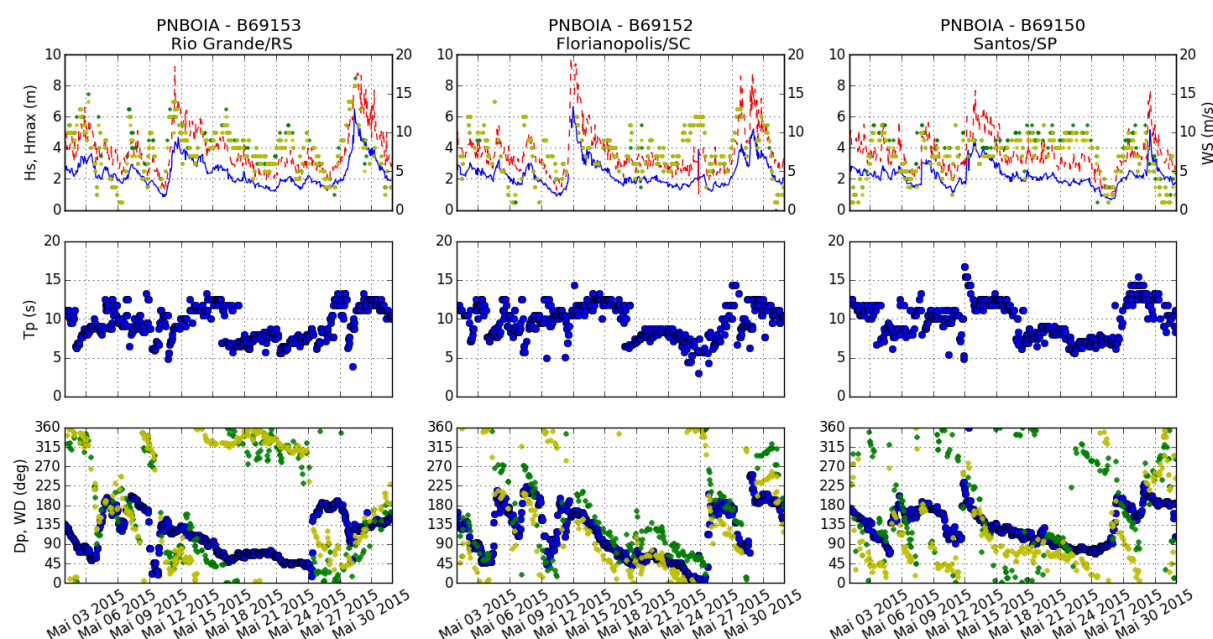


Figura 1 - Parâmetros de ondas nas boias do PNBOIA. Linha azul e vermelha: Hs e Hmax. Pontos amarelos e verdes: Velocidade e Direção dos ventos em 2 anemômetros.

OBJETIVOS

Avaliar o desempenho de diferentes configurações para um sistema de previsão de ondas aplicado à costa sul-sudeste do Brasil para um evento extremo registrado em 12 de Maio de 2015.

METODOLOGIA

O sistema de previsão de ondas foi baseado no modelo WAVEWATCH III (WW3) (Tolman *et al.*, 2014), o qual é um modelo espectral de terceira geração em diferenças finitas originalmente desenvolvido pela *Marine Modelling and Analysis Branch* (MMAB) da NOAA/NCEP. O modelo WW3 resolve os processos de geração e propagação das ondas de gravidade geradas pelos ventos, desde águas profundas até águas rasas.

Para as simulações do evento do dia 12 de Maio de 2015, inicialmente foi realizado um aquecimento preliminar de sete dias com o objetivo de fornecer condições iniciais para as simulações seguintes. Depois disso, o modelo foi rodado para previsões de 168 horas, sendo esse ciclo de simulações repetidas pelos próximos sete dias (Figura 2).

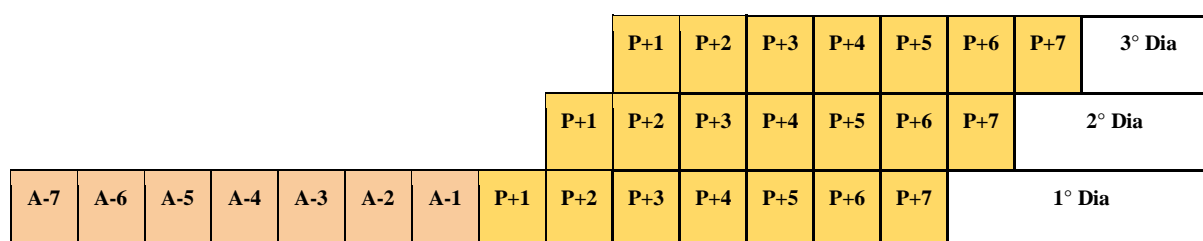


Figura 2: Esquema mostrando as rodadas da previsão para os primeiros 3 dias: Dias de aquecimento nas células rosas e dias de previsão nas células laranjas.

No primeiro sistema de previsão montado foi utilizado o modelo WW3 na versão 3.14 (conf. 01 da Tabela 1). A versão mais nova do WW3 é a 4.18 que está disponível desde março de 2014 e tem como ganho mais notável, em relação às versões anteriores, a introdução das novas parametrizações para as funções de *input*/dissipação em águas profundas propostas por Ardhuin *et al.* (2010) e Zieger *et al.* (2011). Sobre isso, é importante salientar que na versão atual do WW3 (4.18) estão disponíveis os seguintes pacotes dos termos fontes: WAM3 (Komen *et al.*, 1984), WAM4 (Ardhuin *et al.*, 2010), Tolman & Chalikov (1996) e BYDRZ (Zieger *et al.*, 2011).

Além disso, foram testados diferentes campos de vento utilizados como forçantes do modelo WW3, o GFS com resolução de 0,5° e o GFS com resolução de 0,25° (Tabela 1), com o intuito de avaliar a influência da resolução dos ventos nos resultados da previsão de ondas.

Tabela 1 - Configuração das diferentes simulações avaliadas.

Nome	Modelo (versão)	Forçante Atmosférica	Parametrização - Termos Fonte
Conf01	WW3 3.14	GFS 0.5	ST2 - Tolman & Chalikov (1996)
Conf02	WW3 4.18	GFS 0.5	ST4 - Ardhuin <i>et al.</i> (2010)
Conf03	WW3 4.18	GFS 0.25	ST4 - Ardhuin <i>et al.</i> (2010)
Conf04	WW3 4.18	GFS 0.25	ST6 (BYDRZ) - Zieger <i>et al.</i> (2011)

RESULTADOS

Os resultados estatísticos foram avaliados para as boias de Rio Grande, Florianópolis e Santos. Os resultados com os índices de espalhamento (SI) para Florianópolis, que foi o caso mais extremo, estão apresentados na Figura 3.

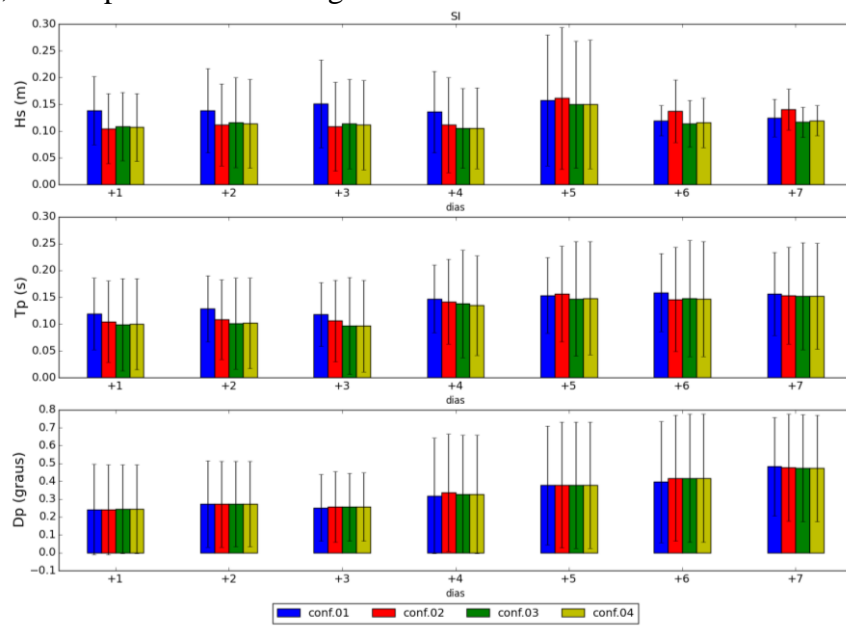


Figura 3 – Índice de Espalhamento (SI) para a boia de Florianópolis utilizando 4 configurações.

Considerando o erro percentual de Hs (Figura 3), foi observado que para as primeiras

72 horas (+1, +2 e +3), o SI da conf. 02 foi o menor e o da conf. 01 o maior. Em (+5, +6 e +7) o espalhamento da conf. 02 ultrapassa o da conf. 01, tendo os maiores valores. Em todas as previsões o SI para as conf. 03 e 04 são muito próximos, sendo os menores em (+4, +5, +6 e +7).

Para o Tp, na maioria dos casos, os valores do SI das conf. 03 e conf. 04 são também muito semelhantes e menores que as outras configurações. Para o Dp, em +1, +2 e +3 os índices foram muito próximos em todos os casos e configurações. Os índices permanecem próximos nos demais casos (+4, +5, +6 e +7), sendo observado, no entanto, um aumento gradativo o erro percentual.

CONCLUSÕES

De maneira geral, considerando os resultados da boia de Florianópolis (Figura 3) e os resultados para as boias de Rio Grande e Santos, foi observado que a inclusão de uma forçante atmosférica com maior resolução espacial no sistema de previsão melhora os resultados previstos. No que se refere à física do modelo, evidenciou-se que a inclusão dos novos termos fontes (ST4 e ST6) também trouxe ganho substancial aos resultados da previsão e, apesar de apresentarem comportamento muito próximo, o ST4 (Conf. 03), para o caso analisado, foi o que obteve o melhor resultado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARDHUIN, F.; ROGERS, E.; BABANIN, A. V.; FILIPOT, J. F.; MAGNE, R.; ROLAND, A.; VAN DER WESTHUYSEN, A.; QUEFFEULOU, P.; LEFEVRE, J. M.; AOUF, L.; COLLARD, E. F. 2010. Semiempirical dissipation source functions for ocean waves. Part I: Definition, calibration, and validation. *Journal of Physical Oceanography* 40:1,917 – 1,941.
- KOMEN, G. J.; HASSELMANN, K.; HASSELMANN, S. 1984. On the existence of a fully developed windsea spectrum. *J. Phys. Oceanogr.*, 14, 1271 – 1285.
- TOLMAN, H. L.; CHALIKOV, D. 1996. Source terms in a third-generation wind wave model. *J. Phys. Oceanogr.*, 26 (11).
- TOLMAN, H.L.; THE WAVEWATCH III® DEVELOPMENT GROUP. 2014. User Manual and System Documentation of WAVEWATCH III® version 4.18. Technical Note 316, NOAA/NWS/NCEP/MMAB, 282 pp.
- ZIEGER, S.; BABANIN, A. V.; ROGERS, E.; YOUNG, I. R.. 2011. Observation-based dissipation and input terms for WAVEWATCH IIITM: Implementation and simple simulations. Proceedings of the 12th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting. Kohala Coast, HI, October 30 – November 4, JCOMM Technical Report No. 67, 12 pp.