

# RESULTADOS PRELIMINARES DE SIMULAÇÕES DO MODELO ACOPLADO COAWST PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL E REGIÃO CENTRAL DO OCEANO ATLÂNTICO SUL

Gabriel B. Münchow<sup>1,3</sup>, João Marcelo Absy<sup>2</sup>, Rita de Cássia M. Alves<sup>1</sup>, Luciano P. Pezzi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>LMQA/CEPSRM/UFRGS - Porto Alegre - Rio Grande do Sul -

<sup>2</sup>GMO/CPTEC/INPE - São José dos Campos - São Paulo

<sup>3</sup>gabriel.munchow@ufrgs.br

## RESUMO

Diversos modelos numéricos oceânicos e atmosféricos vem sendo desenvolvidos, com o objetivo melhorar o conhecimento da dinâmica de cada sistema e obter melhores previsões. Porém grande parte destes modelos não são acoplados. Neste contexto, está sendo desenvolvido o sistema acoplado oceano-atmosfera-ondas-transporte de sedimentos COAWST. Este trabalho possui o objetivo de avaliar o impacto da utilização de modelo acoplado na região sul da América do Sul. Para isso foi realizado dois experimentos, um somente com o modelo oceânico e atmosférico acoplado e outro somente o modelo atmosférico. A simulação foi para o período de 13 de dezembro de 1979 a 01 de março de 1980. Para o caso de um sistema frontal em 02 de fevereiro de 1980, os resultados do COAWST comparados com o WRF mostram um sistema frontal mais intenso, com um ciclone mais intenso, maior gradiente de temperatura e maiores fluxos de calor latente e sensível. Também nota-se maior detalhamento dos padrões oceânicos simulados pelo modelo oceânico, como era esperado. Logo, o sistema COAWST foi capaz de simular um sistema frontal, ainda que mais intenso. Porém é necessária a comparação destes resultados com dados observados para uma análise mais conclusiva dos efeitos do acoplamento em cada modelo.

## ABSTRACT

Several ocean and atmospheric numerical models have been developed in order to improve knowledge of the dynamics of each system and for better forecasting. But most of these models are not coupled. In this context, it's being developed a coupled ocean-atmosphere-wave-sediment transport named COAWST. This work has the objective of evaluating the impact of the coupled model in southern South America. To do so, was done two experiments, one with the ocean and atmospheric models coupled and the other with only the atmospheric model. The simulation was simulated the period of December 13<sup>th</sup>, 1979 to March 1<sup>st</sup>, 1980. In the event of a frontal system on 02 February 1980, the results of COAWST compared with the WRF show a more intense frontal system with a more intense cyclone, higher temperature gradients and higher fluxes of latent and sensible heat. Also note that there are more detailed patterns of ocean simulated by the ocean model, as expected. Thus, the system COAWST was able to simulate a frontal system, even more intense. But it is necessary to compare these results with observed data for a more conclusive analysis of the effects of coupling in each model.

## INTRODUÇÃO

Diversos modelos numéricos oceânicos e atmosféricos vem sendo desenvolvidos, com o objetivo melhorar o conhecimento da dinâmica de cada sistema e obter melhores previsões. Porém grande parte destes modelos são utilizados separadamente, desta forma, não há retroalimentação (do inglês *feedback*) das variáveis simuladas por um modelo para outro. Com a utilização de modelos acoplados, essa retroalimentação ocorre. Assim padrões atmosféricos e oceânicos com maior detalhamento são considerados nas condições de contorno de cada modelo, possibilitando estudos mais aprofundados nos efeitos da atmosfera sobre o oceano, e vice-versa. Para isso está sendo desenvolvido o sistema acoplado COAWST, o qual acopla modelo atmosférico, oceânico, ondas e transporte de sedimentos. Este trabalho possui o objetivo de avaliar o impacto do acoplamento neste sistema para a região sul da América do Sul.

## METODOLOGIA

O sistema acoplado oceano-atmosfera-ondas-sedimentos *Coupled Ocean-Atmosphere-Wave-Sediment Transport Modeling System* (COAWST) (WARNER et al., 2010) (Figura 1) é composto pelo modelo meteorológico *Weather Research and Forecasting* (WRF) (SKAMAROCK et al., 2005), modelo oceânico *Regional Oceanographic Modeling System* (ROMS) (SHCHEPETKIN AND MCWILLIAMS, 2005), modelo de ondas *Simulating WAVes Nearshore* (SWAN) (BOOIJ et al., 1999) e o modelo transporte de sedimentos da *Community Sediment Transport Modeling Project* (CSTM) (WARNER et al., 2008). Este sistema permite a troca de informações entre os modelos citados com uma frequência ajustável pelo usuário.

A comunicação entre os modelos é feito pelo *Model Coupling Toolkit* (MCT; LARSON et al., 2004; Jacob et al., 2005). O modelo oceânico fornece ao WRF a temperatura da superfície do mar (SST) e para o SWAN a batimetria ( $bath$ ), elevação da superfície livre ( $\eta$ ) e velocidade das correntes superficiais ( $u_s$  e  $v_s$ ). O WRF fornece ao ROMS a velocidade do vento em superfície a 10m ( $U_{wind}$ ,  $V_{wind}$ ), pressão atmosférica ( $P_{atm}$ ), umidade relativa (RH), temperatura do ar em superfície ( $T_{air}$ ), fração de nuvem (cloud), precipitação (rain) e radiação de onda longa ( $LW_{rad}$ ) e onda curta ( $SW_{rad}$ ), e para o SWAN ele fornece  $U_{wind}$  e  $V_{wind}$ . O modelo de ondas estima e informa o WRF e o ROMS os valores de altura ( $H_{wave}$ ) e comprimento ( $L_{wave}$ ) das ondas. Para o ROMS ele ainda fornece a direção das ondas ( $D_{wave}$ ), períodos da superfície e do fundo ( $T_{surf}, T_{bott}$ ), porcentagem de rebentação de onda ( $Q_b$ ), dissipação de energia da onda ( $W_{dissip}$ ) e velocidade orbital do fundo ( $U_b$ ). O modelo de sedimentos está totalmente acoplado ao ROMS, com suas rotinas integradas às do ROMS, não sendo necessário a utilização do MCT.

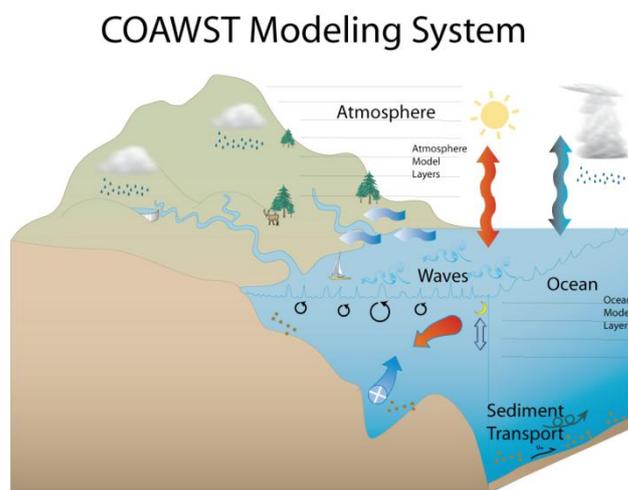


Figura 1. Sistema acoplado Oceano-Atmosfera-Onda-Sedimentos COAWST.

Fonte: Warner et al., 2010.

Neste trabalho serão apresentados resultados preliminares da implementação do sistema COAWST no ambiente de super computação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Com o objetivo de avaliar o sistema de uma forma mais simples, aumentando a complexidade do sistema de acordo com resultados

obtidos, foram realizadas 2 experimentos, sendo um apenas com o modelo WRF e outra com o modelo WRF acoplado ao modelo ROMS (COAWST).

A região de estudo é mostrada na Figura 2, que compreende parte do sul da América do Sul (AS) e Oceano Atlântico até 17°O de longitude, e a faixa entre 24°S e 42°S de latitude. Em ambos experimentos o modelo WRF foi configurado com resolução horizontal de 17 km e 28 níveis verticais. Foi utilizado como condição inicial e contorno atmosférico os dados *NCEP FNL Operational Global Analysis* (<http://dss.ucar.edu/datasets/ds083.2/>), com resolução horizontal de 1°x1°, e resolução temporal de 6h. A grade oceânica possui resolução horizontal de 1/6 de grau e 40 níveis verticais. As condições iniciais e de contorno são provenientes do projeto *Simple Ocean Data Assimilation* (SODA) (CARTON e GIESE, 2008), com resolução horizontal de 0,25°x0,4° lat-lon, com 40 níveis verticais. A frequência de comunicação entre os modelos foi de 10 minutos. Ambos experimentos foram inicializados em 13 de dezembro de 1979 e rodados até 01 de março de 1980, com saída a cada 12 horas.

Neste trabalho serão mostrados alguns resultados obtidos para o caso de um sistema frontal no dia 02 de fevereiro de 1980.

## RESULTADOS

A seguir serão mostrados alguns resultados deste experimento, com as simulações do COAWST e WRF. Na Figura 2 são mostrados os campos de Pressão ao nível do mar (hPa), Temperatura a 2m (°C), Temperatura da superfície do mar (TSM) (°C), Fluxo de Calor Latente e Sensível ( $W/m^2$ ) as 00UTC do dia 02 de fevereiro de 1980. No campo de SLP do experimento COAWST é observado um sistema de baixa pressão centrado em 37S 33W, com frente fria associada estendida até o litoral do Estado de Santa Catarina. No experimento WRF, o ciclone está mais ao sul e menos intenso. A maior intensidade do sistema frontal simulado pelo COAWST também é observado no campo de temperatura a 2m, onde observa-se um gradiente de temperatura mais intenso associado ao sistema. Este resultado está associado ao maior fluxo de calor latente e sensível no experimento COAWST comparado com o experimento WRF, não só as 00UTC, mas durante toda a simulação, pois os efeitos do acoplamento vão se somando nos modelos.

Para o mês de janeiro e fevereiro em toda área simulada, o fluxo de calor latente e sensível no experimento COAWST foram em média 52,3  $W/m^2$  e 4  $W/m^2$ , respectivamente, maiores que no experimento WRF. Isto é causado pelo campo de TSM que o modelo ROMS simulou. Neste, a temperatura estava mais alta que na condição de contorno de TSM utilizada no WRF. Outra observação a ser feita é o maior detalhamento da TSM, vista na Figura 2, simulado pelo modelo ROMS no sistema COAWST. Este resultado é visto durante todo o período de simulação (figuras não mostradas), como era esperado, uma vez que com uma grade mais refinada o modelo ROMS é capaz de simular fenômenos de menor escala no oceano, e assim transferir para a atmosfera essas informações mais detalhadas. Essa é uma das maiores vantagens em modelagem acoplada, pois eventos não simulados pelas condições de contorno são incluídos, em ambos modelos.

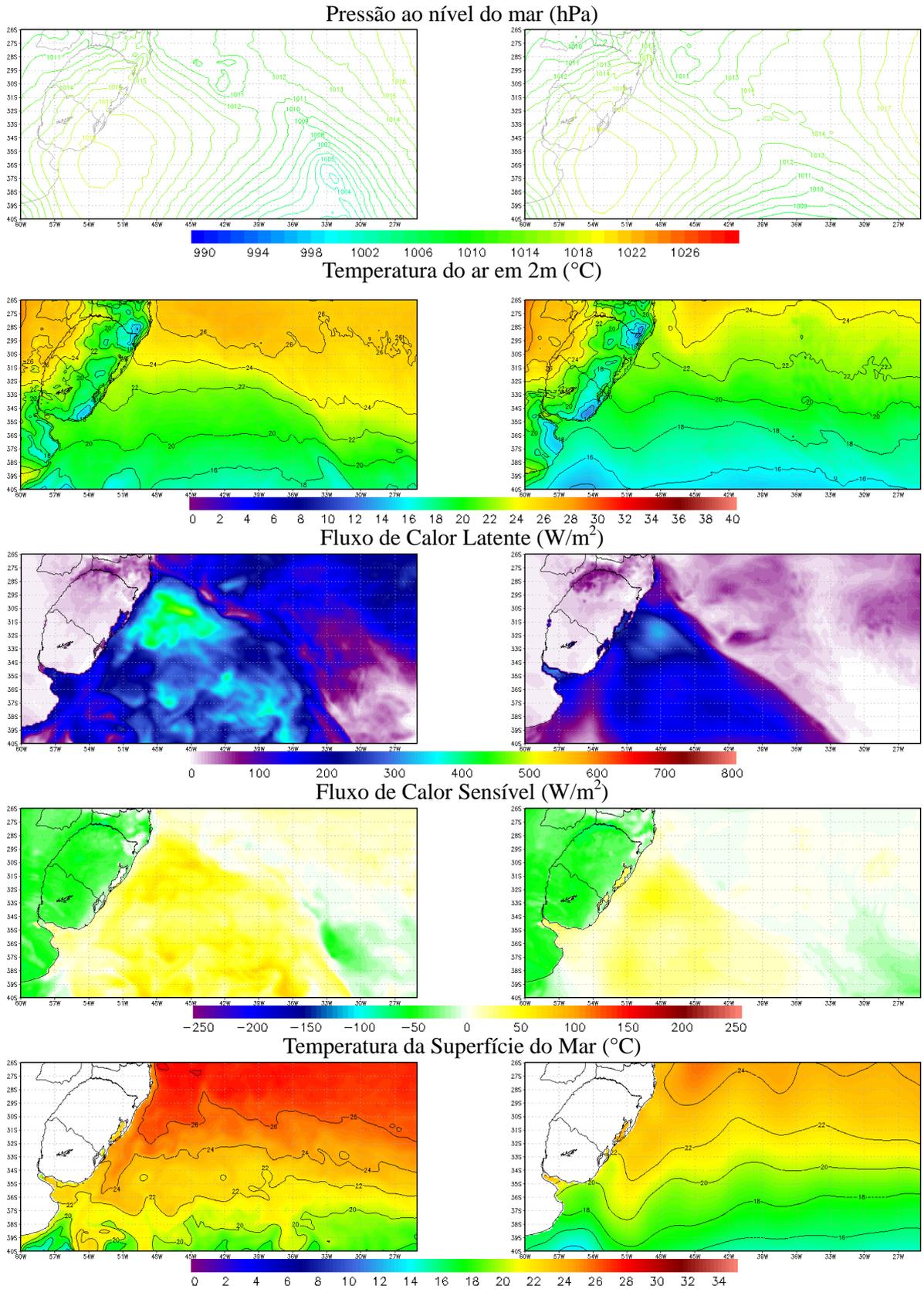


Figura 2 – Resultados da simulação com COAWST (coluna da esquerda) e com WRF (coluna da direita) para o dia 02 de fevereiro de 1980, as 00UTC.

## CONCLUSÕES

O COAWST mostrou-se capaz de simular um sistema frontal, transferindo informações atualizadas entre os modelos oceânico e atmosférico a cada 10 minutos. O modelo ROMS estimou um campo de TSM com temperaturas mais elevadas os valores na condição de contorno do WRF, levando a maiores valores de fluxo de calor latente e sensível. O sistema COAWST manteve-se estável durante todo o período simulado, não apresentando valores discrepantes durante a simulação. Porém é necessária comparação com dados observados para analisar se o COAWST apresentou resultados mais próximos da realidade que o modelo WRF.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Booij, N., Ris, R.C., Holthuijsen, L.H. A third-generation wave model for coastal regions. Part I: Model description and validation. **Journal of Geophysical Research**, 104 (C4), 7649–7666, 1999.

Carton, J.; Giese, B. S. A Reanalysis of Ocean Climate Using Simple Ocean Data Assimilation (SODA). **Monthly Weather Review**, 136, 2999-3017, 2008.

Jacob, R., Larson, J., Ong, E. MxN Communication and Parallel Interpolation in CCSM Using the Model Coupling Toolkit. Preprint ANL/MCSP1225-0205. **Mathematics and Computer Science Division**, Argonne National Laboratory, 25 pp, 2005.

Larson, J., Jacob, R., Ong, E. The Model Coupling Toolkit: A New Fortran90 Toolkit for Building Multiphysics Parallel Coupled Models. Preprint ANL/MCSP1208-1204. **Mathematics and Computer Science Division**, Argonne National Laboratory, 25 pp, 2004.

Shchepetkin, A.F., McWilliams, J.C. The Regional Ocean Modeling System: a split-explicit, free-surface, topography-following coordinates ocean model. **Ocean Modelling**, 9, 347–404, 2005

Skamarock, W.C., Klemp, J.B., Dudhia, J., Gill, D.O., Barker, D.M., Wang, W., Powers, J.G. A Description of the Advanced Research WRF Version 2. **NCAR Technical Note**, NCAR/TN-468+STR, 2005.

Warner, J.C., Armstrong, B., He R., Zambon, J.B. Development of a Coupled Ocean–Atmosphere–Wave–Sediment Transport (COAWST). **Modeling System. Ocean Modelling**, 35, 230–244, 2010.

Warner, J.C., Sherwood, C.R., Signell, R.P., Harris, C., Arango, H.G. Development of a three-dimensional, regional, coupled wave, current, and sediment-transport model. **Computers and Geosciences**, 34, 1284–1306, 2008.