

Previsão de Ondas Oceânicas por Ensemble

Robert Guterres
Orientador: Leandro Farina

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Matemática

Introdução

Previsões atmosféricas e oceanográficas obtiveram nas últimas décadas grandes benefícios através de avanços na tecnologia computacional, sensoriamento remoto e em modelos matemáticos mais sofisticados.

A previsão numérica por ensemble é um método consolidado para melhorar o desempenho de modelos físico-matemáticos de previsão de clima e do tempo.

Formulação

O trabalho consiste em obter um conjunto (ou ensemble) de previsões e obter mais informações sobre o comportamento das soluções do modelo fornecendo assim uma maior confiabilidade da previsão final.

Método Adotado

1. Aspectos das teorias física e matemática da dinâmica de ondas oceânicas foram estudados e simulações computacionais foram executadas aplicando o modelo de ondas WAM (Wave Model).
2. Foram obtidos e analisados conjuntos de previsões de ventos de superfície no período de janeiro a junho de 2006.
3. O objetivo foi o de fazer previsões de ondas por ensemble.
4. Foi utilizada a linguagem shell script do Linux para implementar o sistema de previsão por ensemble.
5. A visualização dos dados obtidos é executada pelo GRADS (Grid Analysis and Display System).

Modelagem

Utilizamos o modelo de ondas de terceira geração WAM que é governado pela equação do balanço que descreve a evolução da densidade de energia das ondas, ou o espectro de ondas. Esta equação pode ser escrita como:

$$\frac{DF}{Dt} = S_{in} + S_{nl} + S_{ds}$$

aqui,

$$\frac{D}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \mathbf{c}_g \cdot \nabla \mathbf{c}_g$$

Onde F é o espectro de ondas e \mathbf{c}_g é velocidade de grupo. O lado direito da equação do balanço contém os termos fonte: S_{in} descreve a geração e crescimento de ondas devido ao vento, S_{nl} representa as interações não-lineares entre conjuntos de quatro ondas ressonantes e S_{ds} fornece a parametrização da dissipação de ondas.

Um dos parâmetros mais analisados obtidos da solução do problema modelado é a altura significativa de ondas. H_s , definida como a altura média do 1/3 das ondas mais altas. Pode ser mostrado que

$$H_s = 4\sqrt{E}$$

onde E representando a energia total de ondas em uma posição $\mathbf{x} = (x, y)$ e para um tempo t , é dada pela integral

$$E = \int_0^\pi \int_0^\infty F(x, y, f, \theta) df d\theta$$

sobre a posição, as frequências f e direções θ de ondas.

Ensemble

Perturbando o espectro de ondas, pode-se observar, com a integração no tempo do modelo, o denominado fenômeno de estabilização da forma do espectro. Ou seja, o estado do mar tende a rapidamente assumir uma condição padrão que é ditada pelos ventos de superfície. Este efeito é governado e existente devido às interações não-lineares entre grupo de quatro ondas ressonantes em águas profundas e também de três ondas, em águas rasas.

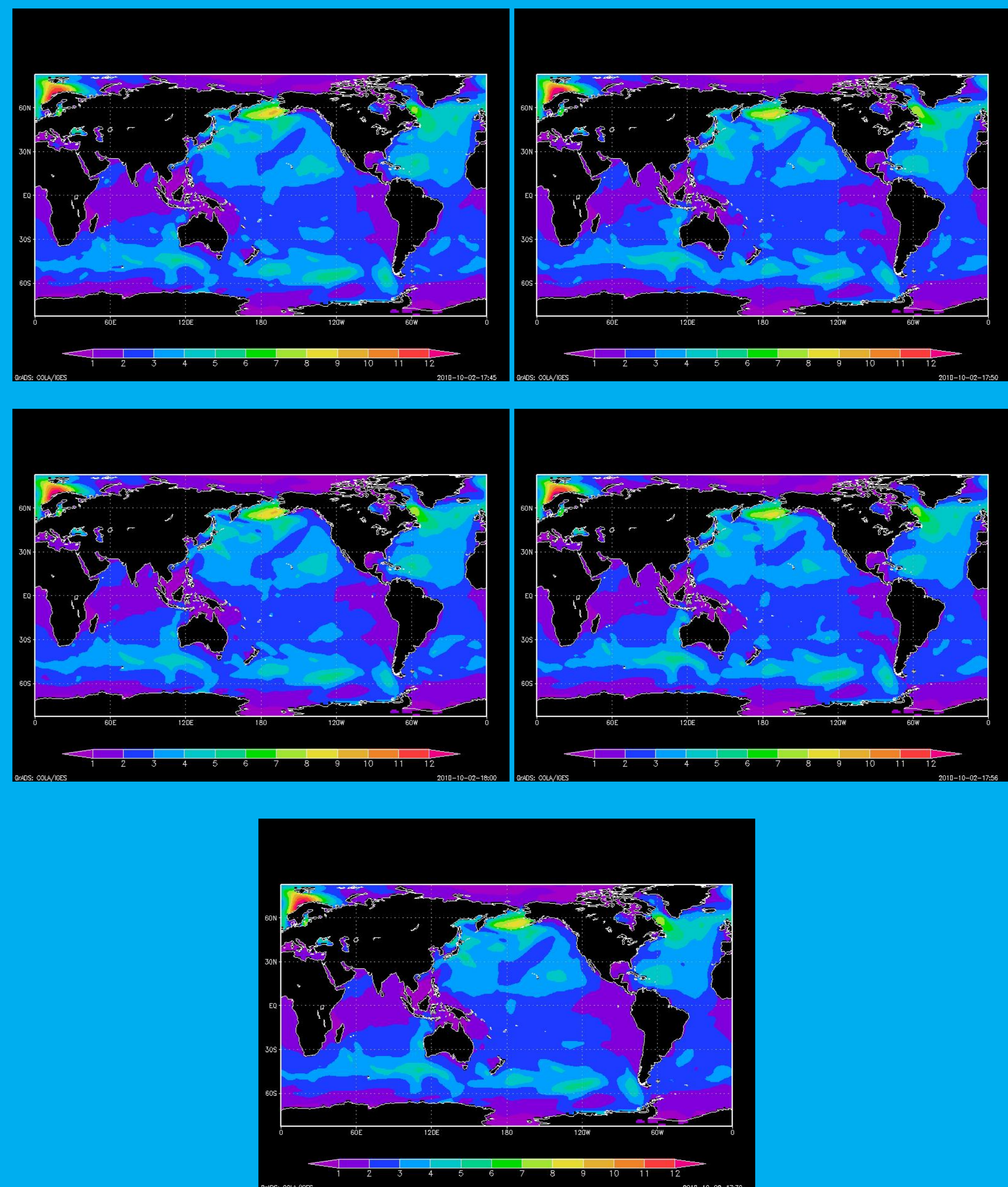
Foram gerados 14 membros do ensemble. Estas perturbações da condição atmosférica de controle são separadas em dois grupos de 7, denotadas por

$$1P, 2P, \dots, 7P \text{ e } 1N, 2N, \dots, 7N$$

onde P e N representam positivo e negativo, respectivamente e estão relacionados com a forma na qual as perturbações foram obtidas. Somado a solução de controle, forma-se um conjunto de 15 estados do mar a serem analisados.

Imagens Geradas pelo GRADS

As imagens abaixo mostram a altura significativa de ondas em metros geradas por diferentes membros do ensemble, do dia 21/01/2006.



Conclusão

Utilizando um conjunto (ou ensemble) de condições iniciais e conseqüentemente um conjunto de previsões, pode-se obter mais informações sobre o comportamento das soluções do modelo fornecendo assim uma maior confiabilidade da previsão final.

O trabalho está em andamento com a elaboração de um código em FORTRAN para análise da dimensionalidade local da dinâmica de ondas oceânicas, que faz uso de funções ortogonais empíricas e da decomposição em valores singulares.

Bibliografia

- Farina, Previsão de Ondas Oceânicas por Ensemble: Uma Revisão e Estudo de Caso.
- D. J. Patil, Brian R. Hunt, Local Low Dimensionality of Atmospheric Dynamics
- World Meteorological Organization, Guide to Wave Analysis and Forecasting