ESTUDO DA PREVISIBILIDADE DE EVENTOS EXTREMOS SOBRE A SERRA DO MAR UTILIZANDO ENSEMBLE DE CURTO PRAZO.

Josiane F. Bustamante[1] e Sin Chan Chou[2]

RESUMO: Eventos de precipitação intensa, associados a deslizamentos e inundações, ocorrem com alta frequência sobre a região da Serra do Mar no litoral paulista. Tais eventos tem um baixo grau de previsibilidade. O uso de modelos de alta resolução e da técnica de previsão por conjunto (ensemble) são recursos que podem conduzir a previsões com maior grau de confiabilidade. Para o desenvolvimento de um sistema de previsão por conjunto de curto prazo (Short Range Ensemble Forecast, SREF) um caso de precipitação intensa sobre a região da Serra do Mar foi estudado. Foram executados duas metodologias de SREF, de condição inicial e de física. Os resultados do ensemble médio indicam índices de desempenho melhores do que a previsão determinística. O comportamento do erro do modelo e do espalhamento e das previsões é similar. Informações preliminares indicam que o ensemble de física é mais eficiente em determinar a previsibilidade quando padrões de mesoescala estão presentes.

ABSTRACT: Over Serra do Mar region, high amount of precipitation frequently occurs causing landslides and flashfloods. The predictability of these events is very low. Limited area models with high resolution and ensemble prediction techiniques are used to produce more reliable forecasts. The objective of this work is to develop a Short Range Ensemble Forecast (SREF) system based on Eta Model and to apply to one extreme precipitation case study. Two metodologies of perturbation were tested to initial conditions and to model physics parameters. The ensemble mean results in higher performance scores than deterministic forecasts. The model error and forecast spread exhibit comparable magnitude. These preliminary results indicate that physics ensemble has better performance in situation where mesoscale phenomena are present.

Palavras-Chaves: modelo regional, previsibilidade, previsão por conjunto de curto prazo.

INTRODUÇÃO

A utilização da técnica de previsões por conjunto (*ensemble*) na previsão de eventos severos, mais especificamente eventos com precipitação intensa, vêm sendo empregada na tentativa de elaborar previsões mais confiáveis. O principal objetivo de uma previsão por conjunto é prever a probabilidade de eventos futuros com maior confiabilidade que uma previsão determinística

1- CPTEC/INPE, Rodovia Presidente Dutra, km 40, 12 31868417, josiane@cptec.inpe.br
2- CPTEC/INPE, Rodovia Presidente Dutra, km 40, 12 31868424, chou@cptec.inpe.br

(Mullen and Baumhefner, 1994). Dois fatores afetam diretamente a qualidade das previsões: as incertezas na condição inicial e os erros intrínsecos ao modelo. O uso da técnica de ensemble pode explorar estas duas fontes de erros.

Desta forma ao criar um conjunto de previsões podemos além de determinar a probabilidade de ocorrência de um evento, determinar a confiabilidade destas previsões através do conhecimento do espalhamento das previsões. Ou seja, previsões com pequeno espalhamento asseguram alta confiabilidade enquanto que previsões com grande espalhamento tem baixa confiabilidade.

Neste trabalho a previsibilidade de um caso de precipitação intensa ocorrido na região da Serra do Mar foi estudada para apoiar o desenvolvimento de um sistema de previsão por conjunto de curto prazo (Short Range Ensemble Forecast, SREF).

As previsões do modelo regional operacional do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), denominado Eta40, não foram capazes de prever tal evento. Numa tentativa de aumentar a qualidade da previsão, o modelo Eta com alta resolução, denominado Eta05, foi utilizado em um SREF, que explorou tanto as incertezas da condição inicial quanto os erros do modelo.

Na seção 2 tem-se uma breve descrição do caso avaliado. Na seção 3 está a metodologia, enquanto os resultados são encontrados na seção 4. Conclusões e sugestões estão na seção 5.

CASO DE 09 DE ABRIL DE 2006

A precipitação registrada pela estação automática do INPE em Caraguatatuba foi em torno dos 170 mm de precipitação entre as 1800 UTC do dia 08 de abril e 0600 UTC do dia 09 de abril de 2006 (Fig. 1). Esta precipitação intensa, que ocorreu em um curto intervalo de tempo, foi responsável por deslizamentos na costa litorânea da Serra do Mar.

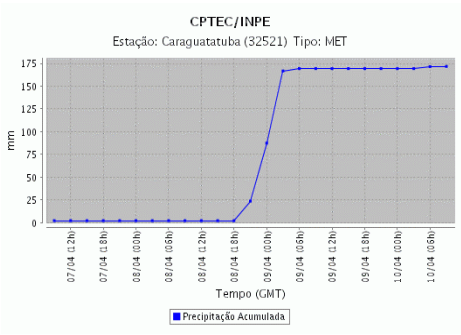


Figura 1: Precipitação medida na PCD de Caraguatatuba.

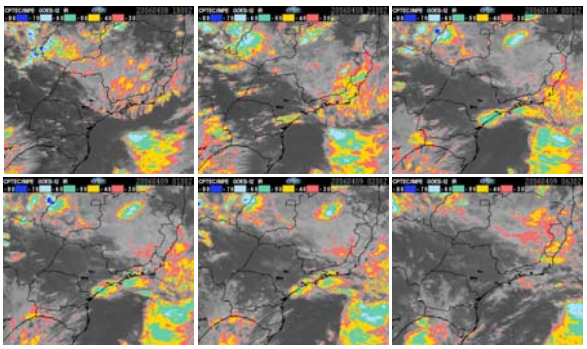


Figura2: Imagens satélite GOES do canal IV. Os topos mais frios estão realçados.

As imagens infra-vermelho do satélite GOES (figura 2) indicam a formação de uma célula convectiva sobre a Serra do Mar. Nesta região ocorre a confluência dos ventos vindos do Oceano

Atlântico e do continente. A célula se desloca para o litoral e tem um ciclo de vida de aproximadamente 6 horas.

METODOLOGIA

Partindo de um sistema de previsão por ensemble (SPE) aplicado ao modelo global do CPTEC (Bonatti, 1996; Mendonça, 2002), construiu-se um SREF. As figuras 3a e 3b são diagramas esquemáticos dos SREFs testados neste trabalho.

O SPE do modelo global do CPTEC fornece 15 membros de previsões sobre os quais é feito uma análise de agrupamento (análise de cluster) e 4 grupos são obtidos. De cada grupo é escolhido um membro que fornecerá as condições iniciais e de contorno para o modelo regional Eta05. Desta forma será criado um ensemble de condições iniciais (ENSCI) com 5 membros. Resultados deste esquema com o Modelo Eta com 40 km de resolução mostraram vantagens do uso da previsão por ensemble sobre a previsão determinística (Bustamante et al, 2005). Alternativamente, foi feito um ensemble de física (ENSFI), esquematizado na Figura 3b. Ajustes no esquema de superfície e diferentes parametrizações convectivas foram as opções escolhidas para o ensemble de física.

Em ambos os SREFs , o modelo regional utilizado é o modelo de mesoescala Eta (Mesinger et al., 1988) com resolução horizontal de 5 km e 50 níveis na vertical. Uma das principais características deste modelo é a sua coordenada vertical (coordenada η) em forma de degraus discretos. O modelo possui complexa representação dos processos físicos que são tratados através dos seguintes esquemas de parametrizações: trocas turbulentas na vertical (Mellor-Yamada,1982); radiação de onda longa (Lacis e Hansen,1974); radiação de onda curta (Fels e Schwarzkopf , 1975); água no solo (Chen et al,1997); chuva convectiva (Janjic, 1994). As distribuições de dióxido de carbono, ozônio, e do albedo iniciais são retiradas da climatologia.

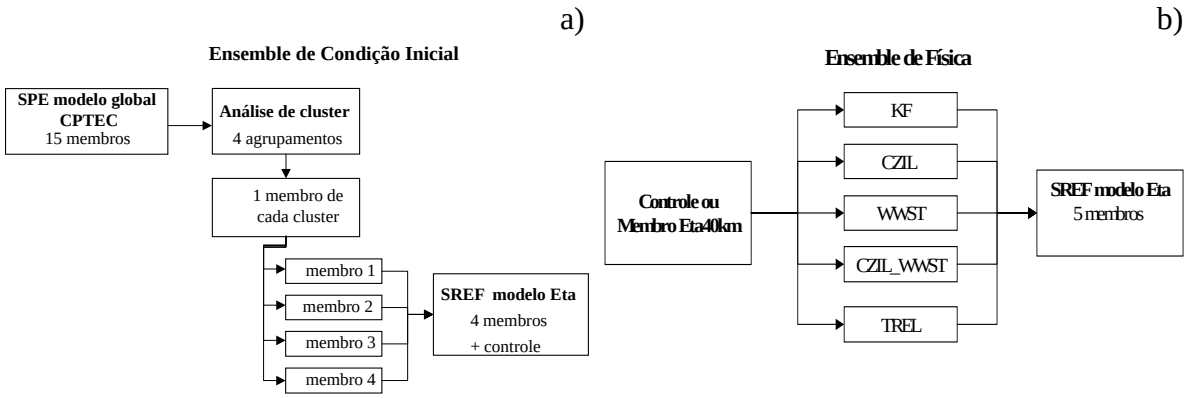
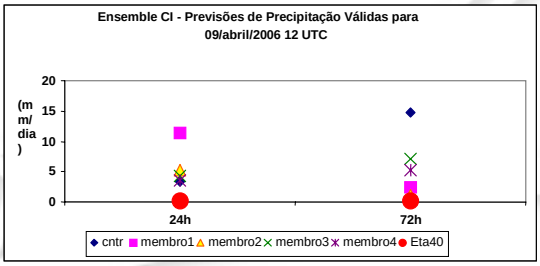


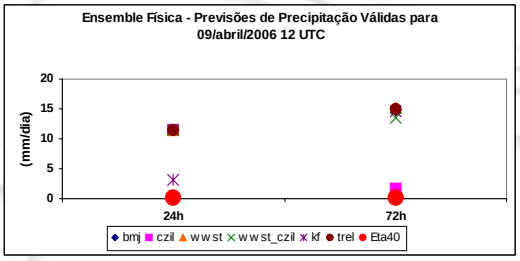
Figura 3: Diagrama esquemático do SREF: a) ENSCI; b) ENSFI.

RESULTADOS

As previsões de precipitação do modelo Eta40 com até 72 horas de antecedência não foram capazes de indicar a intensa chuva ocorrida em 9 de abril de 2006 na região de Caraguatatuba. Na tentativa de gerar previsões mais confiáveis, duas metodologias de SREF foram produzidas: ENSCI e ENSFI. Estas duas metodologias mostraram tendência de gerar previsões de precipitação de leve a moderada. As figuras 4a e 4b mostram os valores de precipitação acumulada em 24 horas totalizada para a região de Caraguatatuba. Os valores do Eta40 (pontos em vermelho) são próximos a zero. As previsões do ENSFI (Fig. 4b) apresentam praticamente em todos os membros precipitação em torno de 14 mm, enquanto que as previsões do ENSCI somente alguns membros atingem este valor (Fig. 4a).Em geral pode-se afirmar que as previsões dos SREF produziram resultados melhores que o Eta40, mesmo que com valores muito abaixo do ocorrido. Um exemplo das melhores previsões fornecidas pelos SREFs pode ser visto quando examinamos o ensemble médio (Fig. 5). Para qualquer prazo de previsão o ENSFI produziu mais precipitação que o ENSCI.



a)



b)

Figura 4: Precipitação acumulada em 24 horas para Caraguatatuba (mm): por a) ENSCI; b) ENSFI.

Ao se construir um SREF é necessário conhecer o espalhamento fornecido pelas previsões, além do espalhamento das análises a partir das quais foram geradas as previsões. A figura 6 mostra o espalhamento das análises dos dois conjuntos de ensemble para a variável pressão ao nível médio do mar (PSLM). Nota-se que os valores do espalhamento são maiores para o ENSFI do que para o ENSCI.

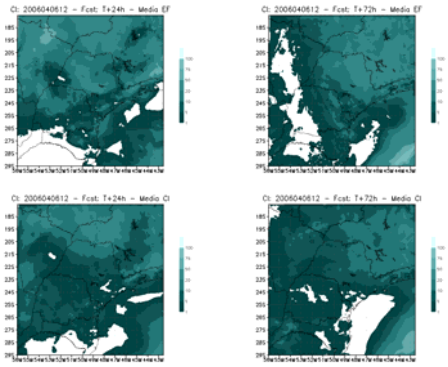


Figura 5: Médias do ensemble das previsões de

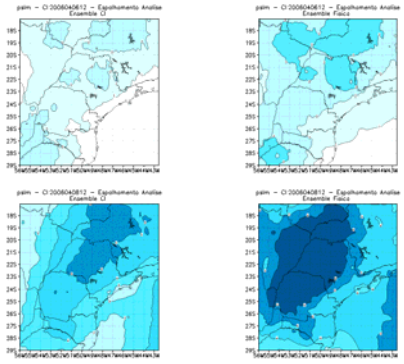
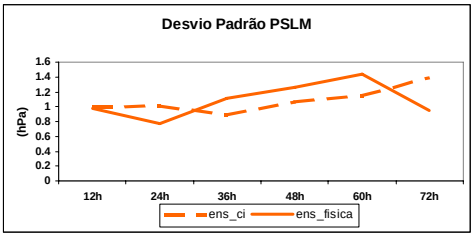


Figura 6: Espalhamento das análises para a variável

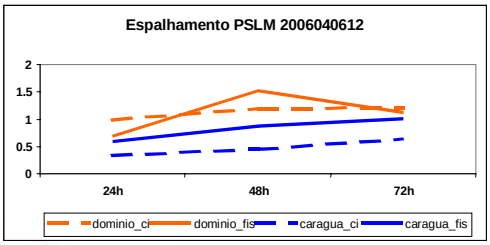
precipitação: ensemble de física (topo); ensemble de condição inicial (fundo)

PSLM: CI 08 de abril (topo); CI 06 de abril usadas para o ENSCI (fundo).

Um SPE com boa qualidade deve produzir um espalhamento das previsões com comportamento similar ao erro das previsões. A Figura 7a mostra o desvio padrão da pressão ao nível médio do mar, para o ENSCI (linha laranja pontilhada) e para o ENSFI (linha laranja contínua). Os valores do desvio padrão para todo o domínio do modelo variam entre 0,7 e 1,5 hPa. O comportamento do espalhamento (figura 7b) indica para todo o domínio (curvas em laranja) comportamento bastante similar ao comportamento do desvio padrão.



a)



b)

Figura 7: Pressão ao nível médio do mar (hPa): a) desvio padrão; b) espalhamento das previsões .

CONCLUSÕES

A previsão de fenômenos de mesoescala ainda é um dos principais desafios da previsão numérica de tempo. No caso avaliado ficou evidente a dificuldade dos modelos em representar a situação ocorrida. O modelo operacional do CPTEC com uma resolução baixa (40 km) não foi capaz sequer de prever precipitação leve. Com a combinação do aumento da resolução e da aplicação da técnica de previsão por conjunto, precipitação de leve a moderada foi produzida, porém com valores muito aquém do observado. Um dos motivos da previsão deficiente pode estar associado a baixa resolução das condições iniciais.

O ENSCI apresentou maior dificuldade em reproduzir a chuva ocorrida. Apenas alguns membros deste ensemble produziram precipitações acima de 10 mm. O espalhamento das análises do ENSCI indicaram valores menores que o do ENSFI.

Em geral, os resultados do ENSFI mostraram valores ligeiramente melhores que os resultados fornecidos pelo ENSCI. Este fato pode estar associado ao padrão de mesoescala presente na situação. Stensrud et al. (2000) avaliaram o desempenho de um ensemble de física e de condição inicial e concluíram que em casos onde as características de mesoescala são predominantes há uma ligeira vantagem do ENSFI em relação ao ENSCI.

Diante dos resultados obtidos fica evidente a necessidade do estudo de outros casos, além da inclusão de outros membros no ENSFI e de novos testes de perturbação da condição inicial.

AGRADECIMENTOS: Este trabalho foi desenvolvido como parte do Projeto Temático FAPESP no. 04/09649-0.

REFERÊNCIAS

Bonatti, J. P., 1996: Verificação estatística do modelo global do CPTEC. Anais do IX Congresso Brasileiro de Meteorologia. Campos do Jordão, vol. 2, p. 1453-1456.

Bustamante, **J. F.; Gomes, J. L.; Chou, S. C., 2005:** Initial results of short-range Eta model ensemble prediction over South America . Geophysical Research Abstracts, Vol. 7, 01291, 2005.

Chen, F.; Janjic, Z. I.; Mitchell, K., 1997: Impact of atmospheric surface-layer parameterization in the new land-surface scheme of the NCEP mesoscale Eta model. *Boundary Layer Meteorology*, v. 85, 391-421.

Fels, S. B.; Schawarzkopf, M. D., 1975: The simplified exchange approximation: A new method for radiative transfer calculations. *J. Atmos. Sci.*, v. 32, 1475-1488.

Janjic, Z. I., 1994: The step-mountain eta coordinate model: further developments of the convection, viscous sublayer and turbulence closure schemes. *Monthly Weather Review*, v. 122, 927-945.

Lacis, A. A.; Hansen, J. E., 1974: A parameterization of the absorption of solar radiation in earth's atmosphere. *J. Atmos. Sci.*, v. 31, 118-133.

Mendonça, A. M., Bonatti, J. P., 2002: O sistema de previsão de tempo global por ensemble do CPTEC. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, p. 11.

Mesinger, F.; Janjic, Z. I.; Nickovic, S.; Gavrilov, D.; Deaven, D. G. , 1988: The step mountain coordinate: model description and performance for cases of Alpine lee cyclogenesis and for a case of an Appalachian redevelopment. *Monthly Weather Review*, V 116; 1493-1518.

Mellor, G. L.; Yamada, T., 1982: Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems. *Rev. Geophys. Space Phys.*, v. 20, 851-875.

Mullen, S. L., and Baumhefner, D. P., 1994: Monte Carlo simulation of explosive cyclogenesis. *Monthly Weather Review*, V 122, 1548-1567.

Stensrud, D. J.; Bao, J. W. and Warner, T. T., 2000: Using initial condition and physics perturbations in short-range ensemble simulations of mesoscale convective systems. *Mont. Wea. Rev.*, v. 128, 2077-2107.