

IMPACTO DOS MODOS DE PERTURBAÇÃO EXTRATROPICAIS NA PREVISÃO DE TEMPO POR CONJUNTO DO CPTEC

Antônio Marcos Mendonça¹ e José Paulo Bonatti¹

RESUMO – O método de perturbação das condições iniciais baseado em EOF, empregado operacionalmente no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), é utilizado para produzir perturbações nas regiões extratropicais. O impacto destas novas perturbações na previsão de tempo por conjunto do CPTEC é avaliado através do cálculo de índices estatísticos. Os resultados indicam que a aplicação do método-EOF para perturbar os extratropicais, conjuntamente com as perturbações tropicais utilizadas atualmente, pode ajudar a melhorar a qualidade das previsões por conjunto do CPTEC. Resultados preliminares sobre a utilização do método de perturbação *breeding of growing modes* também são apresentados.

ABSTRACT – The EOF-based perturbation method, applied operationally at the Center for Weather Forecast and Climate Studies (CPTEC) to produce perturbed initial conditions, is used in order to perturb the extratropics. The influence that these new perturbations cause in the CPTEC ensemble weather forecast is evaluated through statistical indexes. The results suggest that the application of the EOF-method to perturb the extratropics, simultaneously with the tropical perturbations used currently may help to improve the quality of the ensemble forecast of the CPTEC. Preliminary results about the utilization of the *breeding of growing modes* perturbation method are also presented.

Palavras-chave: previsão de tempo por conjunto, funções ortogonais empíricas, modelo global

INTRODUÇÃO

A atmosfera é um exemplo de sistema dinâmico que apresenta sensibilidade às condições iniciais. A importância das condições iniciais para os erros das simulações numéricas é explicada pela teoria conhecida como *caos*. Resumidamente, o *caos* está relacionado à sensibilidade que alguns sistemas dinâmicos não lineares apresentam às condições iniciais à medida que eles evoluem no tempo, ou seja, condições iniciais ligeiramente diferentes podem produzir soluções marcadamente distintas. Desta forma, ainda que os modelos fossem perfeitos, como o estado inicial real da atmosfera não é completamente conhecido, há inevitavelmente erros nas análises que crescerão durante a integração no tempo e levarão à redução da qualidade da previsão, mantendo a impossibilidade de prever as condições atmosféricas indefinidamente. Os sistemas de previsão de tempo por conjunto representam uma forma de considerar estes aspectos da previsão atmosférica.

O Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) iniciou operacionalmente a previsão de tempo por conjunto em outubro de 2001. O método de perturbação baseado em Funções Ortogonais Empíricas, desenvolvido por Zhang e Krishnmurti (1999) e adaptado por Coutinho

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Rod. Presidente Dutra, Km 40. Cachoeira Paulista – SP. Cep: 12630-000. Tel.: (12) 3103-3158. e-mails: mendonca@cptec.inpe.br; bonatti@cptec.inpe.br

(1999), denominado *EOF-based perturbation* (método-EOF) é utilizado para produção das condições iniciais perturbadas. Desde a implementação operacional, as perturbações iniciais são calculadas para uma região tropical da atmosfera ($0^\circ - 360^\circ\text{E}$; $45^\circ\text{S} - 30^\circ\text{N}$). Neste estudo, o método-EOF é utilizado para perturbar as latitudes médias. Três configurações diferentes do método-EOF são testadas no intuito de avaliar a eficácia deste método em capturar os modos instáveis nos extratropicais. Cada configuração é avaliada de acordo com o desempenho do sistema de previsão por conjunto do CPTEC (SPC-CPTEC). Também são apresentados resultados preliminares de uma rodada da previsão por conjunto do CPTEC com condições iniciais perturbadas a partir do método *breeding of growing modes* (método-breeding) que é empregado atualmente no National Center for Environmental Prediction (NCEP). Descrições mais detalhadas destes métodos de perturbação podem ser obtidas nos trabalhos de Mendonça e Bonatti (2002) e Toth e Kalnay (1997).

CONDIÇÕES INICIAIS DE CONTROLE E CLIMATOLOGIA

As condições iniciais de controle usadas para produzir as previsões por conjunto foram obtidas do National Center for Environmental Prediction (NCEP). Neste trabalho estas análises são consideradas a melhor estimativa do estado real da atmosfera e são usadas para comparação com as previsões e para o cálculo dos índices estatísticos. O período usado neste trabalho corresponde aos 15 primeiros dias de janeiro de 2005. Foram consideradas apenas as análises do horário 1200 GMT.

As anomalias das previsões e das análises e o desvio padrão da altura geopotencial em 500 hPa são calculados em relação aos dados da Climatologia Reanálises 2 do NCEP (Kanamitsu, 2002).

DESCRIÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Cada rodada do SPC-CPTEC representa um conjunto de 15 previsões ou membros (14 perturbadas e 1 controle) integradas por 15 dias. O modelo de circulação geral da atmosfera do CPTEC (MCGA-CPTEC) com grade gaussiana e resolução T126L28 é usado para produzir as previsões. Entretanto, para o cálculo dos índices estatísticos, os campos de previsão e análises são interpolados para uma grade regular de 2.5×2.5 graus.

Os quatro experimentos realizados neste trabalho são descritos a seguir:

- i. Experimento PTR: este experimento representa a configuração operacional de perturbação das condições iniciais que é utilizada atualmente para as previsões por

conjunto do CPTEC. As perturbações são calculadas e aplicadas apenas à região tropical (0-360E; 45S-30N);

- ii. Experimento PET: o método EOF é utilizado para calcular as perturbações nas regiões extratropicais (0-360E; 90S-30S + 0-360E; 30N-90N). Não são aplicadas perturbações nos trópicos;
- iii. Experimento PGL: neste caso, as perturbações são calculadas separadamente para as regiões extratropicais e tropical e aplicadas simultaneamente às condições iniciais (0-360E; 90S-30S + 0-360E; 30S-30N + 0-360E; 30N-90N);
- iv. Experimento PBD: O método-breeding é utilizado para gerar as condições iniciais perturbadas. Todo o globo é perturbado.

Para avaliar o desempenho dos três primeiros experimentos foram calculadas diariamente as correlações de anomalias (CA), raiz do erro médio quadrático (RMSE), espalhamento do conjunto, Brier Skill Score (BSS) e as componentes do Brier Score (confiabilidade (Rel), resolução (Res) e incerteza), de acordo com Wilks (1995) e Buizza *et al.* (2005). São apresentadas as médias dos índices no período.

Foram avaliadas as previsões da altura geopotencial em 500 hPa sobre o Hemisfério Sul (HS, 90S-20S), Trópicos (TR, 20S-20N) e Hemisfério Norte (HN, 20N-90N). As componentes do Brier Score são calculadas para as previsões de probabilidades da anomalia da altura geopotencial em 500 hPa ser maior do que um desvio padrão climatológico. Os intervalos de probabilidades são determinados de acordo com o número de membros do conjunto.

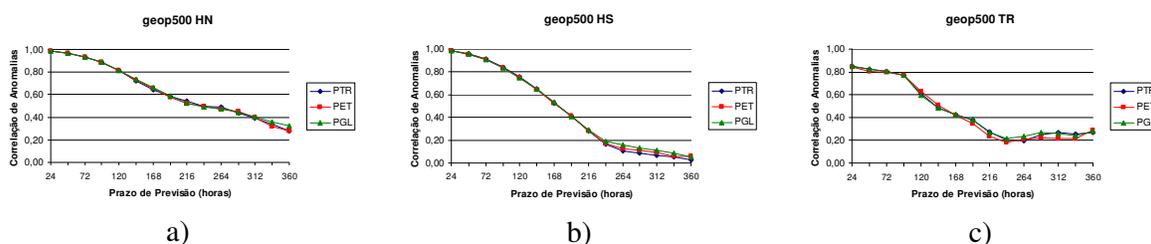


Figura 1. Média da correlação de anomalias das previsões do conjunto médio, para a altura geopotencial em 500 hPa. a) Hemisfério Norte; b) Hemisfério Sul; c) Trópicos.

RESULTADOS

A Fig. 1a-c apresenta a correlação de anomalias do conjunto médio para os três primeiros experimentos e para as três regiões avaliadas. Pode ser verificado que os índices são semelhantes para os dez primeiros dias de integração em todos os experimentos. Do décimo ao décimo quinto dia de previsão o experimento PGL apresenta desempenho ligeiramente superior aos demais. Esta semelhança no desempenho dos conjuntos médios era esperada, já que o desempenho das previsões está fortemente relacionado ao desempenho do MCGA do CPTEC. Como nestes experimentos

nenhuma modificação foi realizada na formulação do modelo não eram esperadas grandes alterações no desempenho das previsões.

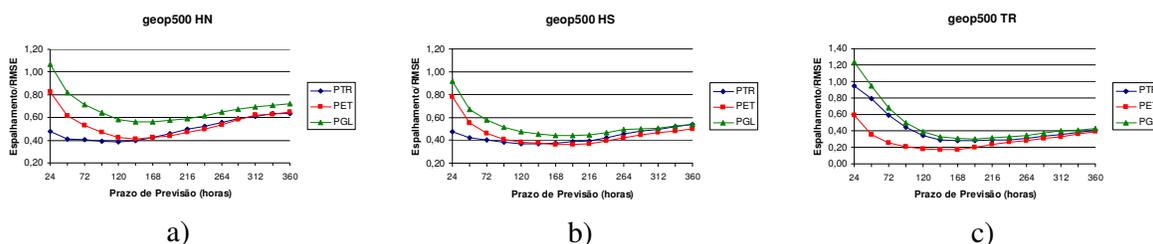


Figura 2. Média da razão entre o espalhamento do conjunto e o RMSE do conjunto médio, para as previsões da altura geopotencial em 500 hPa. a) Hemisfério Norte; b) Hemisfério Sul; c) Trópicos.

Maiores modificações foram obtidas no espalhamento das previsões (Fig. 2a-c) para HN, em todos os prazos de previsão, e, para HS e TR, para as previsões de mais curto prazo. A razão entre o espalhamento e o RMSE praticamente dobrou nos dois primeiros dias de previsão do experimento PGL comparado à rodada operacional. Pode-se notar que a aplicação de perturbações apenas nos extratropicais leva a um aumento no espalhamento, mas este aumento não é tão significativo quanto no experimento PGL, no qual foram aplicadas, conjuntamente, perturbações nos trópicos. Mesmo aumentando o espalhamento das previsões, verifica-se que o sistema continua subdispersivo, exceto para as previsões de 24 horas do experimento PGL. Parte desta característica deve-se a não consideração dos erros do modelo pelo SPC-CPTEC.

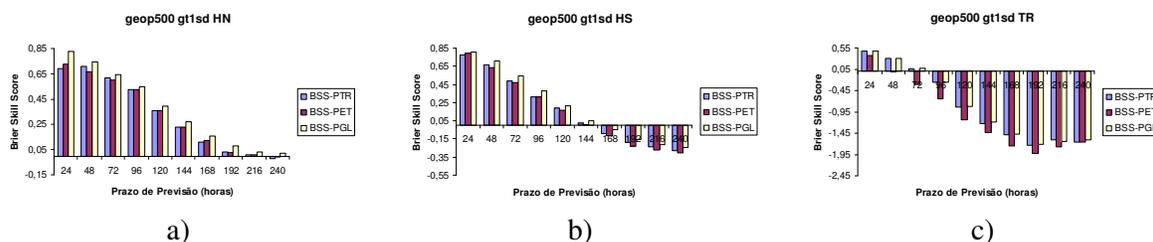


Figura 3. Média do Brier Skill Score para as previsões da altura geopotencial em 500 hPa. a) Hemisfério Norte; b) Hemisfério Sul; c) Trópicos. Os intervalos de probabilidade foram determinados de acordo com o número de membros do conjunto.

A aplicação do método-EOF, na configuração global do experimento PGL, produz resultados positivos do ponto de vista da previsão de probabilidades, verificados através do BSS e das componentes do BS. É evidente que o melhor desempenho é obtido para o experimento PGL para todas as regiões e prazos de previsão (Fig. 3a-c). Verifica-se também, que existem diferenças significativas no desempenho das previsões para cada região. Na Fig. 4a-c nota-se que a resolução domina o BSS até cerca de 10 dias no HN, 6 dias no HS e 3 dias no TR. Em todos os gráficos da Fig. 4 nota-se que o experimento PGL apresenta uma diminuição no valor da confiabilidade e aumento na resolução, em comparação com os demais experimentos, o que ajuda a confirmar o

caráter positivo da aplicação de perturbações baseadas em EOF nos extratropicos como forma de melhorar a qualidade das previsões por conjunto do CPTEC.

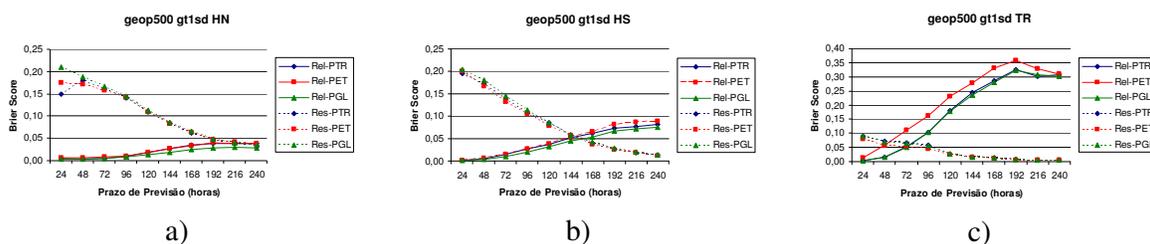


Figura 4. Média das components do Brier Score (confiabilidade e resolução) para as previsões da altura geopotencial em 500 hPa. a) Hemisfério Norte; b) Hemisfério Sul; c) Trópicos. Os intervalos de probabilidade foram determinados de acordo com o número de membros do conjunto.

Os resultados preliminares obtidos com a aplicação do método-breeding para gerar as condições iniciais perturbadas mostram algumas características positivas quanto ao crescimento das perturbações nos extratropicos, neste caso as perturbações parecem se desenvolver mais rapidamente do que quando é aplicado o método-EOF apenas nos trópicos (Experimento PTR) (Fig. 5). Entretanto, nos trópicos, as perturbações do método-breeding parecem ter crescimento mais lento. Estes resultados precisam ser analisados mais detalhadamente, mas a se confirmar, uma boa estratégia para produção de perturbações globais seria a utilização do método-breeding em latitudes médias e o método-EOF nos trópicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A melhora na qualidade das previsões numéricas de tempo realizadas no CPTEC é buscada continuamente pelos pesquisadores do Centro. Este trabalho tem essa motivação: aperfeiçoar as previsões por conjunto do CPTEC, através de modificações nas regiões de perturbação das condições iniciais. Obteve-se que o experimento no qual foram aplicadas perturbações nos extratropicos simultaneamente com perturbações nos trópicos foi a configuração que apresentou melhores resultados. Estes resultados estão de acordo com resultados de outros trabalhos, que as perturbações em latitudes médias tendem a crescer mais rapidamente do que perturbações na região tropical, contribuindo para aumentar o espalhamento das previsões e melhorando os índices estatísticos que medem a qualidade das previsões de probabilidade. Entretanto, o que surpreende foi a obtenção de melhores resultados no experimento no qual as perturbações foram calculadas para os trópicos e extratropicos separadamente. Isto sugere que os trópicos devem ser perturbados, entretanto a obtenção destes modos tropicais deve ser calculada separadamente dos modos extratropicais. Os resultados preliminares obtidos com o método-breeding sugerem experimentos

nos quais o método-EOF é aplicado nos trópicos em associação com a aplicação do método-breeding nos extratrópicos.

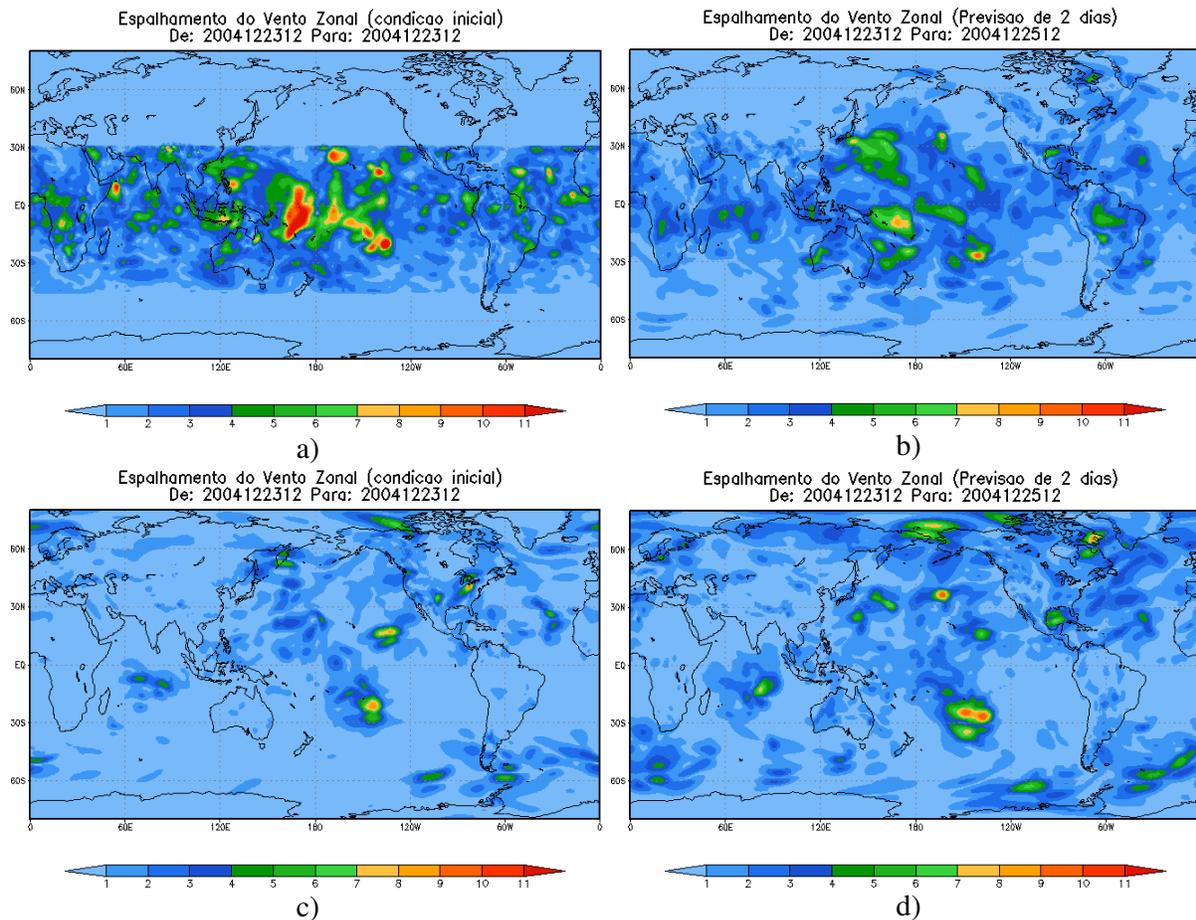


Figura 5. Espalhamento do vento zonal em 850 hPa para a condição inicial (esquerda) e previsão de 2 dias (direita) para os métodos de perturbação EOF (a e b) e breeding (c e d).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Buizza, R., P. L. Houtekamer, Z. Toth, G. Pellerin, M. Wei, Y. Zhu, 2005: A comparison of the ECMWF, MSC, and NCEP Global Ensemble Prediction Systems. *Mon. Wea. Rev.*, 133, 1076-1097.
- Coutinho, M. M., 1999: Ensemble prediction using principal-component-based perturbations. Dissertação de Mestrado, 136pp. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil.
- Kanamitsu, M., W. Ebisuzaki, J. Woollen, S-K Yang, J. J. Hnilo, M. Fiorino, G. L. Potter, 2002: NCEP-DEO AMIP-II Reanalysis (R-2). *Bul. of the Atmos. Met. Soc.*, 1631-1643.
- 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.
- Toth, Z., Kalnay, E., 1997: Ensemble forecasting at NCEP and the breeding method. *Mon. Wea. Rev.*, 125, 3297-3319.
- Wilks, D. S., 1995: *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. San Diego: Academic Press. 467pp.
- Zhang, Z., T. N. Krishnamurti, 1999: A perturbation method for hurricane ensemble predictions. *Mon. Wea. Rev.*, 127, 447-469.