

# CORREÇÃO ESTATÍSTICA DAS PREVISÕES DE TEMPO POR CONJUNTO DO MGCA CPTEC/COLA

## ATRAVÉS DA REMOÇÃO DO VIÉS

*Andréa de Oliveira Cardoso<sup>1</sup>, Antonio Marcos Mendonça<sup>2</sup>, José Antonio Aravéquia<sup>3</sup>,  
José Paulo Bonatti<sup>4</sup> e Pedro Leite da Silva Dias<sup>5</sup>*

**RESUMO:** Previsão de tempo confiável é um importante fator que contribui para o sucesso das atividades sociais e econômicas desenvolvidas no Brasil. Um aumento na acurácia da previsão pode ser obtido ao se aplicar correções estatísticas para remover o erro sistemático do modelo. Neste trabalho foram realizadas correções estatísticas nas previsões de tempo por conjunto do modelo de circulação geral atmosférico (MGCA) CPTEC/COLA (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos / Center for Ocean–Land–Atmosphere Studies), através da remoção do erro médio verificado nas previsões mais recentes. Comparações das previsões com e sem correção indicaram um ganho alcançado pelo método de correção aplicado. Os resultados confirmam a importância da correção estatística na redução dos erros das previsões.

**ABSTRACT:** Reliable weather forecast is an important factor for the success of social and economic activities in Brazil. An increase on the accuracy of the weather forecasts can be obtained by applying a statistical correction to remove the model bias. A statistical correction in the ensemble weather prediction system based on the Center for Weather Forecasting and Climate Studies–Center for Ocean–Land–Atmosphere Studies (CPTEC/COLA) atmospheric general circulation model is reported in this work. The process is based on the removal of the bias computed in recent forecasts. Comparisons between the corrected and original forecasts indicated an improvement of the forecast skill with the correction method applied. The results confirm the importance of the statistical corrections for the reduction of the forecasts errors.

**Palavras-chave:** Viés, previsão por conjunto, correção estatística

## INTRODUÇÃO

Várias atividades econômicas, tais como, agropecuária, energia, indústria e turismo, dependem de previsões de tempo confiáveis. Além do setor econômico, a própria população depende da qualidade das previsões, pois as atividades humanas mais diversas são freqüentemente vulneráveis a eventos climáticos. Boas previsões fornecem subsídios às autoridades para a tomada de decisões que visam evitar transtornos à população.

A previsão numérica de tempo sofreu avanços que levaram ao aumento da acurácia das previsões e do prazo de previsão. O uso da previsão por conjunto, onde as incertezas da condição inicial (CI) são exploradas através da realização de um certo número de previsões com CI perturbada certamente teve um impacto positivo no aumento da previsibilidade (Gneiting e Raftery, 2005; Sivillo et al., 1997).

---

1 Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC – INPE. Rodovia Presidente Dutra, Km 40. CEP: 12630-000, Cachoeira Paulista, SP, Brasil. E-MAIL: andrea@cptec.inpe.br.

2 CPTEC – INPE. E-MAIL: mendonca@cptec.inpe.br

3 CPTEC – INPE. E-MAIL: araveq@cptec.inpe.br

4 CPTEC – INPE. E-MAIL: bonatti@cptec.inpe.br

5 Departamento de Ciências Atmosféricas – IAG – USP. E-MAIL: pldsdias@model.iag.usp.br.

O sistema de previsão de tempo global por conjunto do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) foi introduzido operacionalmente em outubro de 2001 (Farina et al., 2005), motivado pelos resultados favoráveis indicados pelos estudos de Coutinho (1999).

Mendonça e Bonatti (2004) compararam o desempenho das previsões por conjunto do CPTEC/INPE para o período de outubro de 2001 a setembro de 2003 e encontraram que o desempenho do conjunto médio é, na média do período, superior aquele da previsão de controle para a altura geopotencial em 500 hPa, temperatura virtual em 850 hPa e vento em 850 e 250 hPa.

Há indícios de que um aumento na acurácia da previsão pode também ser obtido ao se aplicar correções estatísticas para remover o erro sistemático do modelo. Alguns estudos mostraram que previsões mais realistas são obtidas a partir da correção do erro sistemático (Feddersen et al., 1999; Anderson et al., 1999; Chen et al., 2000). O resultado da previsão por conjunto é geralmente mais acurado quando cada membro do conjunto é corrigido através da remoção do viés (Pendergrass e Elmore, 2005). Uma abordagem no sentido da remoção do erro sistemático das previsões do CPTEC já foi aplicada para previsões pontuais (Quadro et al., 1998). De acordo com Aravéquia e Silva Dias (2004), o sinal do erro das previsões nos modelos globais do CPTEC e do NCEP apresenta persistência em geral maior que dias, chegando a mais de uma ou duas semanas em alguns casos.

Com a finalidade de aumentar o nível de acerto e a confiabilidade das previsões numéricas de tempo por conjunto do CPTEC/INPE, foram realizadas neste trabalho correções estatísticas nas previsões através da remoção dos erros sistemáticos do modelo.

## **DADOS E METODOLOGIA**

No CPTEC são desenvolvidas previsões de tempo por conjunto para um prazo de 15 dias (360 horas). Um total de 15 previsões (membros do conjunto) são gerados a cada 12 horas (inicialização às 00 e 12 UTC) a partir de diferentes condições iniciais, sendo uma de controle (condição inicial sem perturbações) e 14 a partir de análises perturbadas. Neste estudo foram utilizados dados diários de previsão de tempo por conjunto do modelo CPTEC, no horário das 12 UTC, para o prazo de 15 dias, no período de 27 de setembro a 26 de outubro de 2005. Utilizaram-se também dados diários de condições iniciais (análises) fornecidas pelo *National Center for Environmental Prediction* (NCEP), no mesmo período que a previsão. A área de estudo considerada engloba toda a América do Sul e as variáveis consideradas são: i) pressão ao nível do mar e temperatura absoluta na superfície; ii) umidade específica, umidade relativa, temperatura absoluta, altura geopotencial, vento zonal e vento meridional, nos níveis de 850, 500 e 250 hPa.

O método de correção aplicado nas previsões, através da remoção do erro médio (VIES), baseia-se na estimativa do erro médio verificado nas previsões mais recentes. Para a escolha de tal

método, foi considerado o fato de que dos modelos poderem apresentar variações nas tendências do erro dependendo do período de previsão e que estas variações, que são de curto prazo, podem ser identificadas através do cálculo do erro médio das previsões mais recentes. Correções do viés do modelo com base em previsões recentes foram desenvolvidas nos estudos de Eckel e Mass (2005), Gruit et al. (2006) e Silva Dias e Moreira (2006), sendo demonstrado que estas correções podem contribuir para melhorar a confiabilidade e a resolução das previsões por conjunto.

Para aplicar o método de correção, foram investigadas várias combinações de períodos de cálculo do erro médio (Wilks, 1995) com o objetivo de identificar uma solução que alcance a maior melhoria no desempenho das previsões. Silva Dias e Moreira (2006) sugerem que um período de 15 dias possa ser suficiente para otimizar a correção pelo viés médio. Neste trabalho foram testados os períodos baseados nos 5, 20 e 30 últimos dias de previsão, e então identificado o melhor período base. O cálculo do VIES (Equação 1) foi desenvolvido para cada prazo de previsão (1 a 15 dias), através das comparações das previsões ( $F$ ) determinísticas (de controle, sem perturbação) com as análises ( $A$ ) do NCEP.

$$VIES = \frac{1}{n} \sum (F - A) \quad (1)$$

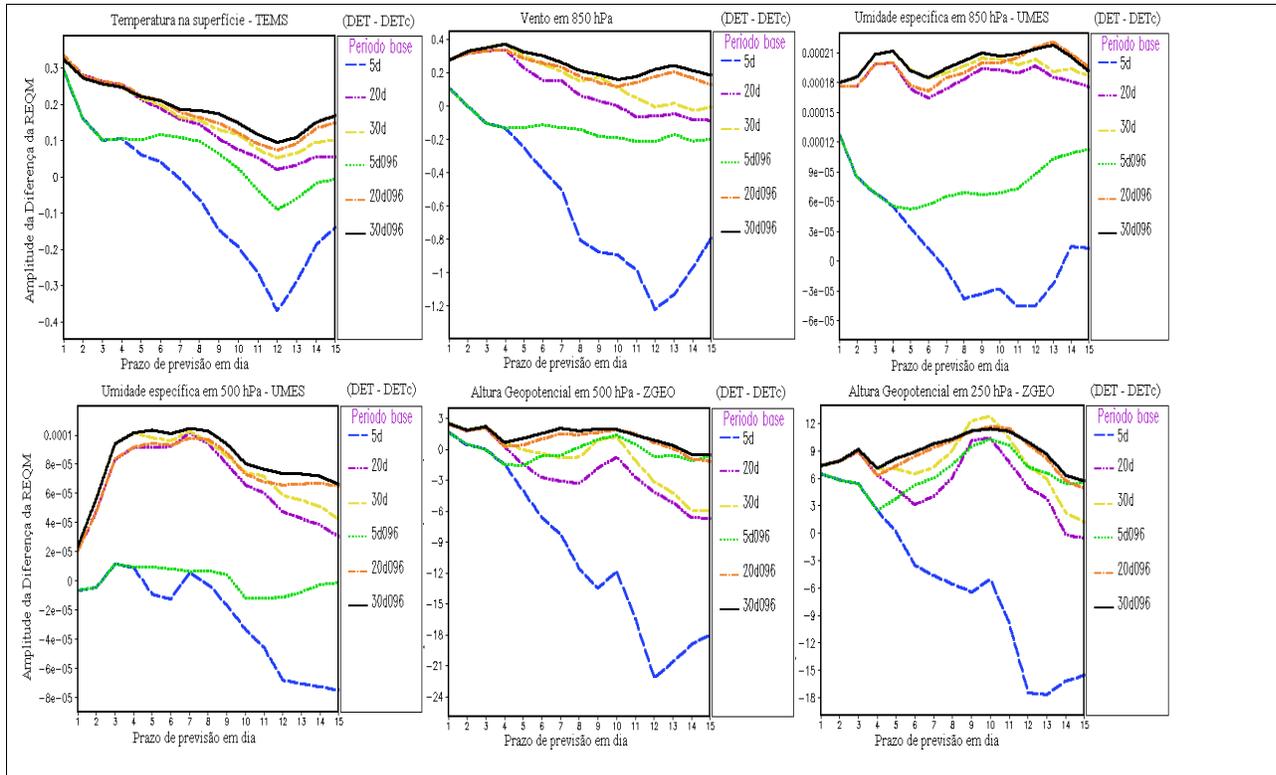
As previsões do conjunto médio, obtidas através da média dos membros do conjunto, foram corrigidas pela remoção do viés calculado, com base nos períodos testados. Para verificar se ocorreu um aumento no desempenho a partir da correção, foram comparados os resultados das previsões corrigidas e originais. A qualidade das previsões por conjunto foi obtida pelo cálculo da raiz do erro quadrático médio (REQM) sobre a área o período de estudo (Jolliffe e Stephenson, 2003).

## RESULTADOS E CONCLUSÕES

Importantes aspectos são destacados ao se comparar as diferenças entre a REQM das previsões originais e das previsões corrigidas pelo viés com base nos diferentes períodos testados. A Figura 1 mostra a diferença entre a REQM das previsões determinísticas (de 1 a 15 dias) sem e com correção, sendo este parâmetro médio calculado sobre a área da América do Sul e no período de 27 de setembro a 26 de outubro de 2005. Portanto, nesta figura os valores positivos indicam a minimização do erro da previsão determinística através da correção estatística.

Através da Figura 1 pode ser notado, para a maioria das variáveis, que os erros médios calculados sobre períodos curtos de previsões mais recentes (5 dias) não são suficientes para representar os erros sistemáticos do modelo, pois em geral não reduzem o erro da previsão. Em contrapartida, é verificado um aumento na destreza das previsões corrigidas acompanhando o aumento do período base de previsões recentes utilizado no cálculo do viés. Observa-se também, uma melhoria no desempenho das previsões de mais longo prazo (para os próximos 4 a 15 dias) ao se utilizar o parâmetro de correção (viés) fixo a partir das previsões com prazo de 4 dias.

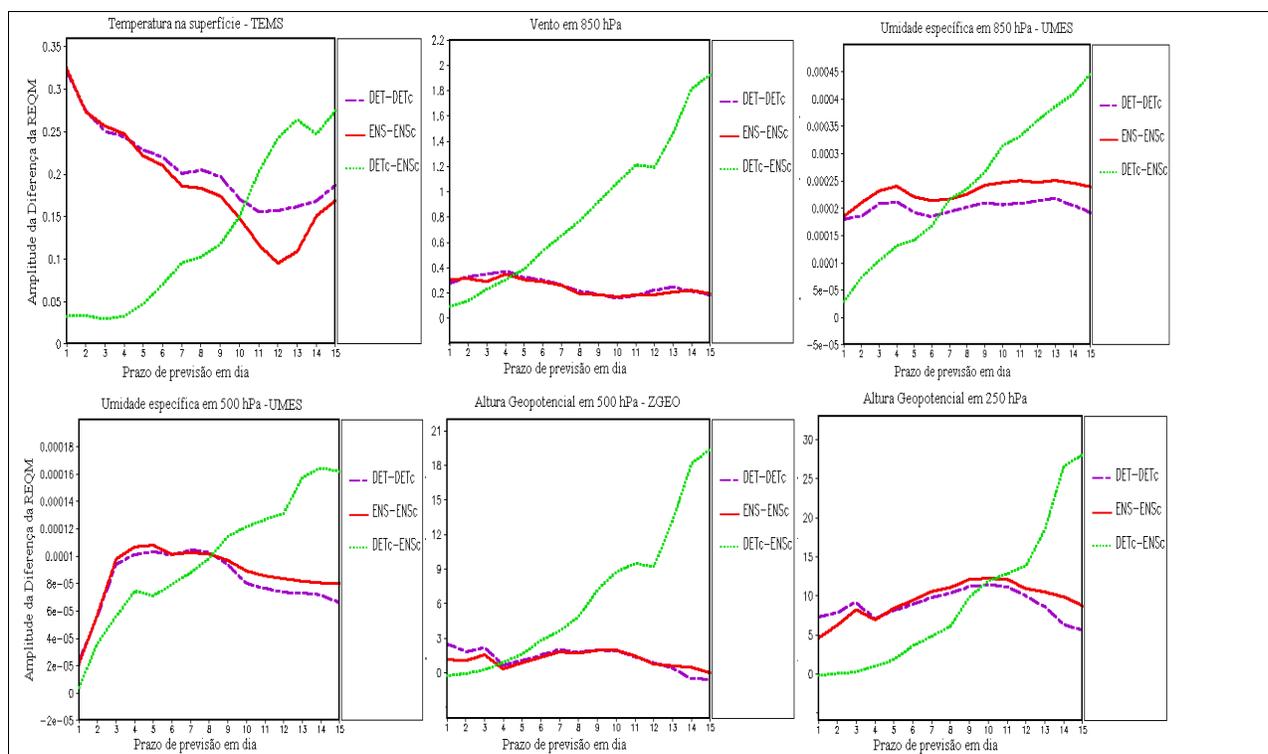
De uma maneira geral, os resultados mostraram um maior ganho com a correção estatística quando o viés foi calculado com base nos 30 últimos dias de previsões, para cada prazo de previsão até o prazo de 4 dias, e então fixado para as previsões mais longas. Assim, estas condições foram estabelecidas para corrigir as previsões do conjunto médio (média dos membros).



**Figura 1:** Diferença entre a REQM das previsões determinísticas originais e corrigidas (DET - DETc), para os prazos de previsão de 1 a 15 dias. A correção foi realizada pela remoção do viés calculado com base nos: i) 5 dias de previsões mais recentes, para todos os prazos previsão (5d); ii) mesmo que em (i), exceto para os 20 dias de previsões mais recentes (20d); iii) mesmo que em (i), exceto para os 30 dias de previsões mais recentes (30d); iv) 5 dias de previsões mais recentes, para cada prazo de previsão até o prazo de 4 dias (096 horas) e então fixado o valor do viés para as previsões mais longas (5d096); v) mesmo que em (iv), exceto para os 20 dias de previsões mais recentes (20d096); v) mesmo que em (iv), exceto para os 30 dias de previsões mais recentes (30d096). A REQM foi calculada sobre a área da América do Sul e no período de 27 de Setembro a 26 de Outubro de 2005.

A Figura 2 apresenta os resultados da diferença entre a REQM das previsões do conjunto médio (de 1 a 15 dias) sem e com correção, além das diferenças deste parâmetro para a previsão determinística corrigida e a previsão do conjunto médio corrigida. Pode ser observado, através dos valores positivos das diferenças entre a REQM, que para a maioria das variáveis e dos prazos de previsão ocorre uma minimização do erro da previsão por conjunto quando se aplica a correção estatística. Nota-se também, que melhores resultados são verificados para variáveis em níveis médios e altos, em praticamente todos os prazos de previsão. No caso das variáveis de baixos níveis, os melhores resultados ocorrem para os prazos mais curtos de previsão. Esta figura também destaca o melhor desempenho da previsão por conjunto em comparação à previsão determinística, principalmente para previsões de prazo mais longo, corroborando com resultados de outros estudos (Zhu, 2005).

Portanto, os resultados deste trabalho indicam que a correção estatística das previsões do conjunto médio do modelo do CPTEC, através da remoção do viés observado em previsões recentes, pode contribuir para reduzir o erro do modelo, aumentando a destreza do mesmo.



**Figura 2:** Diferença entre a REQM, nos prazos de previsão de 1 a 15 dias, para: i) previsões determinísticas originais e corrigidas (DET - DETc); ii) previsões do conjunto médio originais e corrigidas (ENS - ENSc); iii) previsões determinísticas corrigidas e do conjunto médio corrigidas (DETC - ENSc). Correção realizada pela remoção do viés calculado com base nos 30 dias de previsões mais recentes, para cada prazo de previsão até o prazo de 4 dias (096 horas) e então fixado o valor do viés para as previsões mais longas. A REQM foi calculada sobre a área da América do Sul e no período de 27 de Setembro a 26 de Outubro de 2005.

É importante confirmar o melhor período base para a remoção do viés considerando uma amostragem mais longa que englobe um ciclo intrasazonal completo. A intrasazonal tem um efeito significativo na previsibilidade, pois altera o estado básico da atmosfera e portanto mudam os modos instáveis que levam às incertezas na previsão (Matthews e Kiladis, 1999).

**AGRADECIMENTOS:** Ao CPTEC/INPE pelo apoio técnico e disponibilização dos dados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, J.; VAN DEN DOOL, H.; BARNSTON, A.; CHEN, W.; STERN, W.; PLOSHAY, J. Present-Day Capabilities of Numerical and Statistical Models for Atmospheric Extratropical Seasonal Simulation and Prediction. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 80, n. 7, p. 1349–1361, 1999.
- ARAVÉQUIA, J. A.; SILVA DIAS, P. L. Two-dimensional Pattern of Forecast Model Drift in the Amazon Basin In: III LBA Scientific Conference, 2004, Brasília - DF. III LBA Scientific Conference. , 2004. v.I.

CHEN, D.; CANE, M. A.; ZEBIAK, S. E.; CANIZARES, R.; KAPLAN, A. Bias correction of an ocean-atmosphere coupled model. **Geophysical Research Letters**, v. 27, n. 16, p. 2585-2588, 2000.

COUTINHO, M. M. **Previsão por conjuntos utilizando perturbações baseadas em componentes principais**. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 136p, 1999.

ECKEL, F. A.; MASS, C. F. Aspects of effective mesoscale short-range ensemble forecasting. **Wea. Forecasting**, 20, 328-350, 2005.

FARINA, L.; MENDONÇA, A. M.; BONATTI, J. P. A Fast Method for Ocean Wave Ensemble Prediction. *Tellus. Series A*, v. 57, n. A, p. 204-216, 2005.

FEDDERSEN, H.; NAVARRA, A.; WARD, M. N. Reduction of Model Systematic Error by Statistical Correction for Dynamical Seasonal Predictions. **Journal of Climate**, v. 12, p.1974-1989, 1999.

GRIMIT, E. P.; GNEITING, T.; BERROCAL, V. J.; JOHNSON, N. A. The continuous ranked probability score for circular variables and its application to mesoscale forecast ensemble verification. **Quart. J. Roy. Met. Soc.**, v. 132, p. 1 -17, 2006.

JOLLIFFE, I. T.; STEPHENSON, D. B. **Forecast Verification: A Practitioner's Guide in Atmospheric Science**. New York: John Wiley and Sons, 2003. 254 p.

MATTHEWS, A. J.; KILADIS, G. N. The tropical-extratropical interaction between high-frequency transients and the Madden-Julian oscillation. **Mon. Wea. Rev.**, v. 127, p. 661-677, 1999.

MENDONÇA, A. M., BONATTI, J. P. **Avaliação Objetiva do Sistema de Previsão de Tempo Global por Ensemble do Cptec e Relação entre o Espalhamento e o Desempenho do Ensemble Médio**. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. Fortaleza, CE, 2004, **Anais**.

PENDERGRASS, A.G.; ELMORE, K. L. **Ensemble forecast bias correction**. In: 4TH ANNUAL STUDENT CONFERENCE, Amer. Meteor. Soc., San Diego, CA, P1.30, 2004, **Anais**.

SIVILLO, J. K.; AHLQUIST, J. E.; TOTH, Z. An Ensemble Forecasting Primer. **Weather and Forecasting**, v. 12, 809-818,1997.

SILVA DIAS, P. L.; MOREIRA, D.S. **THE MASTER SUPER MODEL ENSEMBLE SYSTEM (MSMES)**. Proceedings of 8 ICSHMO, Foz do Iguaçu, Brazil, April 24-28, 2006, INPE, p. 1751-1757, 2006.

WILKS, D.S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences An Introduction**. Academic Press, 1995, 467 pp.

ZHU, Y. Ensemble Forecast: A New Approach to Uncertainty and Predictability. **Advances in Atmospheric Sciences**, v. 22, n. 6, v. 22, p. 781-788, 2005.