

# AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA PREVISÃO DE TEMPERATURA DO AR A 2M PARA CACHOEIRA PAULISTA UTILIZANDO O MCGA/CPTEC

*Ariane Frassoni dos Santos<sup>1</sup>, Antônio Marcos Mendonça<sup>1</sup>, Paulo Yoshio Kubota<sup>1</sup>, Saulo Ribeiro de Freitas<sup>1</sup>, José Paulo Bonatti<sup>1</sup>, Maria Assunção Faus da Silva Dias<sup>1</sup>*

**RESUMO** – O presente trabalho teve como objetivo avaliar as previsões de temperatura a 2 metros de altura (T2m) do Modelo de Circulação Geral da Atmosfera do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) para a cidade de Cachoeira Paulista, SP, durante o período de 1º a 31/07/2006. As previsões foram comparadas às observações de temperatura do ar obtidas do Laboratório de Instrumentação Meteorológica do CPTEC. Fez-se uma comparação entre as previsões de T2m e a temperatura do 1º nível sigma do modelo. Os índices estatísticos *Skill Score* e Erro Médio Absoluto foram utilizados para verificar o desempenho do modelo. Os resultados indicaram um melhor desempenho das previsões de T2m tanto em dias específicos quanto no ciclo diurno da temperatura observada.

**ABSTRACT** – Forecasts of 2-meter temperature (T2m) and temperature in the first sigma level of the Atmosphere Global Circulation Model from the Center for Weather Prediction and Climate Studies (CPTEC) was evaluated against observed surface temperature at Cachoeira Paulista, SP during 1-31/06/07. The statistical index Skill Score and Mean Absolute Error was used to verify the performance of the model. The results indicated that T2m forecasts presents better performance than the temperature in the first sigma level forecasts.

**Palavras-chave:** temperatura a 2m, modelo global, previsão de tempo.

## INTRODUÇÃO

A temperatura do ar é um dos principais elementos climáticos e exerce grande influência em diversos setores da sociedade. Na agricultura, bons prognósticos de baixas temperaturas que ocorrem devido à atuação de massas de ar frio, com prazos de até dois dias de antecedência, podem minimizar os danos causados pela ocorrência de geadas através de medidas de proteção de lavouras (Prela et. al, 2005). O melhor desempenho dos modelos numéricos em prever estas condições vem acompanhado de modificações para aprimorar as previsões. No Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), a utilização do Modelo de Circulação Geral da Atmosfera (MCGA) para previsão de tempo operacional foi iniciada no Brasil em 1994. Depois de diversas modificações, chegou-se à versão 1.0 MCGA/CPTEC na qual a física da versão operacional continua a mesma descrita em Kinter et al (1997) e o núcleo dinâmico foi totalmente modificado para permitir integração semi-Lagrangiana 3-D e paralelismo. No MCGA/CPTEC a atmosfera é representada por meio de 42 camadas. As variáveis meteorológicas obtidas de medições realizadas em estações meteorológicas encontradas a uma altura de 2 a 10 metros são prognosticadas com a utilização do 1º nível sigma do modelo (aproximadamente 20 m de altura), tornando-se inadequado comparar as informações

---

1- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Rodovia Presidente Dutra, km 40. Fone 3186-8631, ariane@cptec.inpe.br

observacionais e modeladas. Como as previsões deveriam estar próximas às condições reais percebidas pela população em suas diversas atividades, este trabalho tem como objetivo avaliar as previsões da temperatura a 2m de altura (T2m) do MCGA/CPTEC para a cidade de Cachoeira Paulista, SP, durante o mês de julho de 2006.

## DADOS E METODOLOGIA

O MCGA/CPTEC foi utilizado com resolução horizontal T126L28, em que T126 representa o truncamento triangular no número de onda zonal 126 e L28, o número de camadas verticais em coordenada sigma, o que corresponde a uma grade horizontal de 1°X1° latitude X longitude.

A implementação de T2m, que é diretamente dependente dos fluxos que ocorrem na superfície, foi obtida do esquema de parametrização da Camada Limite Planetária do MCGA/CPTEC. Considerou-se a velocidade de fricção  $u^*$  e a escala de temperatura  $\theta^*$  a partir da teoria de similaridade de Monin-Obukhov (M-O) (Businger et al., 1971; Arya, 2001). Uma vez obtidos os valores de  $u^*$  e  $\theta^*$  pela teoria de M-O, foram calculados os fluxos de *momentum* e calor na CLP utilizando-se as equações de Manton e Cotton (1977).

### Dados

Utilizaram-se as análises espectrais T126L28 do *National Centers for Environmental Prediction* a cada 24 horas para o período de 26/06 a 31/07/2006 às 12 UTC. Geraram-se previsões até o prazo de 120h com integração a cada 3 horas. Além da T2m, foi utilizada a temperatura do ar no 1° nível sigma do modelo (Tems). Para validar as previsões foram utilizadas as observações de temperatura do ar a 2 m de altura a cada 3h da Plataforma de Coleta de Dados do Laboratório de Instrumentação Meteorológica do CPTEC/INPE em Cachoeira Paulista, SP (22,67°S/45,01°W).

### Análise estatística

Os índices estatísticos Skill Score (SS) e Erro Absoluto Médio (MAE) (Wilks, 1995; Jolliffe e Stephenson, 2003) foram utilizados para analisar a habilidade do MCGA/CPTEC. O MAE é dado pela soma da magnitude dos erros para obter o "erro total", dividido pelo número de elementos da

série utilizada, tal que  $\frac{1}{N} \sum_{i=1}^j |P - O|$ . Considerando que  $N=31$  dias,  $P$  são as previsões e  $O$  as

observações. O MAE é zero para previsões perfeitas e aumenta com o crescimento da diferença entre  $P$  e  $O$ . Já o SS é útil para avaliar um novo sistema de previsão em relação a um já existente. A habilidade da previsão do primeiro é interpretada como a porcentagem de melhora em relação ao segundo. O cálculo do SS é utilizado para comparar o desempenho das previsões de T2m em

relação às previsões de T<sub>ems</sub> da seguinte forma: 
$$SS = \frac{\sum_{i=1}^j MAE(T_{2m}) - \sum_{i=1}^j MAE(T_{ems})}{0 - \sum_{i=1}^j MAE(T_{ems})} \times 100.$$

## RESULTADOS

Nas duas primeiras semanas do mês de julho ocorreram poucas chuvas em toda a Região Sudeste do Brasil. As temperaturas estavam estáveis, como pode ser visto na série temporal da temperatura do ar em Cachoeira Paulista, mostrada na Figura 1. No dia 10, a rápida passagem de uma frente fria contribuiu para a ocorrência de maior quantidade de precipitação no setor leste e sul do Estado de São Paulo. As temperaturas aumentaram devido à advecção quente ocasionada pelo sistema no dia 9. Com a passagem da frente fria, houve uma queda acentuada das temperaturas de quase 16 graus entre as máximas dos dias 09 (31,5°C) e 10 (16°C) em Cachoeira Paulista (Figura 1). A partir do dia 12, uma intensa massa de ar seco atuou sobre a Região Sudeste e Centro-Oeste, causando a queda da umidade relativa do ar e aumento das temperaturas. O padrão sinótico mudou durante o final do mês no centro-sul da América do Sul devido a uma nova onda frontal. Acompanhado de uma intensa massa de ar frio, o sistema avançou rapidamente pelo interior do Brasil, atingindo o Estado de São Paulo no dia 28 e causando uma nova queda nas temperaturas no Centro-Sul do Brasil. Em Cachoeira Paulista (Figura 1), a temperatura máxima, que foi de 32°C no dia 28 devido à advecção quente provocada pelo avanço do sistema frontal, caiu para 22,5°C no dia 29 e para 13,5°C no dia 30 com a chegada da massa de ar frio.

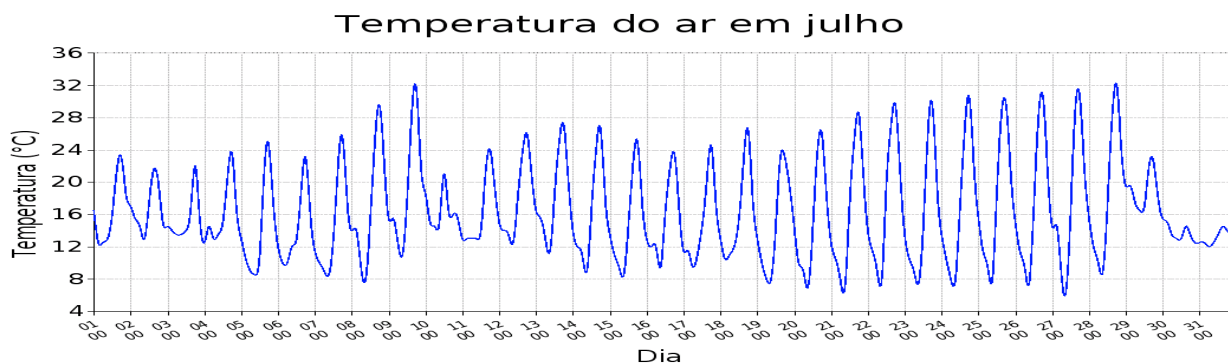


Figura 1: Série temporal da temperatura do ar (°C) em Cachoeira Paulista durante o mês de julho de 2006. As observações foram realizadas a cada 3 horas e os horários estão em UTC.

O cálculo dos índices estatísticos para cada prazo de previsão é mostrado na Tabela 1. Nota-se que a T<sub>2m</sub> apresentou uma melhor performance, pois os valores de MAE são em geral menores que os valores de MAE para T<sub>ems</sub>. Em apenas oito prazos de previsão o SS ficou negativo, caracterizando um pior desempenho desta variável em relação à T<sub>ems</sub>. Parte do SS negativo correspondeu às previsões para o horário sinótico de 21 UTC (prazos de 9, 33, 57, 81 e 105 h). Os

demais corresponderam às previsões para as 12 UTC (prazos de 72, 96 e 120 h). O melhor desempenho da T2m em relação à Tems ocorreu para 6 (51%), 30 (55%) e 102 (54%) horas de previsão.

**Tabela 1** – Prazo de previsão do MCGA/CPTEC e os valores de MAE e SS (%) para T2m e Tems. A primeira e a quinta colunas indicam os prazos de previsão utilizados. Na segunda e na sexta colunas estão os valores de MAE para a variável T2m e nas colunas 3 e 7, para a Tems. O SS é mostrado nas colunas 4 e 8 para T2m e Tems, respectivamente.

Prazo Prev.	MAE T2m	MAE Tems	Skill Score	Prazo Prev.	MAE T2m	MAE Tems	Skill Score
3	1,838	2,180	16	63	2,274	3,000	24
6	1,774	3,652	51	66	3,395	4,170	19
9	2,453	1,427	-72	69	3,441	4,269	19
12	1,737	2,489	30	72	2,111	1,821	-16
15	2,435	3,446	29	75	2,703	3,396	20
18	3,669	4,639	21	78	2,477	4,898	49
21	3,776	4,795	21	81	1,867	1,522	-23
24	1,810	2,164	16	84	1,745	1,879	7
27	2,464	2,804	12	87	2,331	2,944	21
30	1,868	4,156	55	90	3,386	4,107	18
33	2,281	1,357	-68	93	3,488	4,288	19
36	1,631	1,954	17	96	2,066	1,912	-8
39	2,310	3,065	25	99	2,793	3,545	21
42	3,472	4,344	20	102	2,277	4,938	54
45	3,601	4,367	18	105	1,794	1,537	-17
48	1,927	1,970	2	108	1,476	1,720	14
51	2,806	3,239	13	111	2,114	2,775	24
54	2,535	4,443	43	114	3,328	4,095	19
57	2,050	1,451	-41	117	3,346	4,191	20
60	1,667	1,820	8	120	2,195	1,735	-27

Nas Figura 2 e 3 são mostradas as observações e as previsões (21 e 30 h) de T2m e Tems para os horários de 09 e 18 UTC, que estão próximos dos horários das temperaturas mínimas e máximas, respectivamente. Para o horário das 09 UTC (Figura 2), nota-se em geral um melhor desempenho de T2m comparado a Tems. Porém, para ambas as variáveis, o modelo apresenta um erro sistemático: as temperaturas previstas são mais elevadas. Isto indica que, apesar de corrigir parte do erro da Tems, as previsões de T2m necessitam de correções para remoção deste viés quente. Parte destes erros nas previsões deve estar associada à topografia, bastante suavizada em relação à topografia real, e à resolução horizontal do modelo, de aproximadamente 100x100 km.

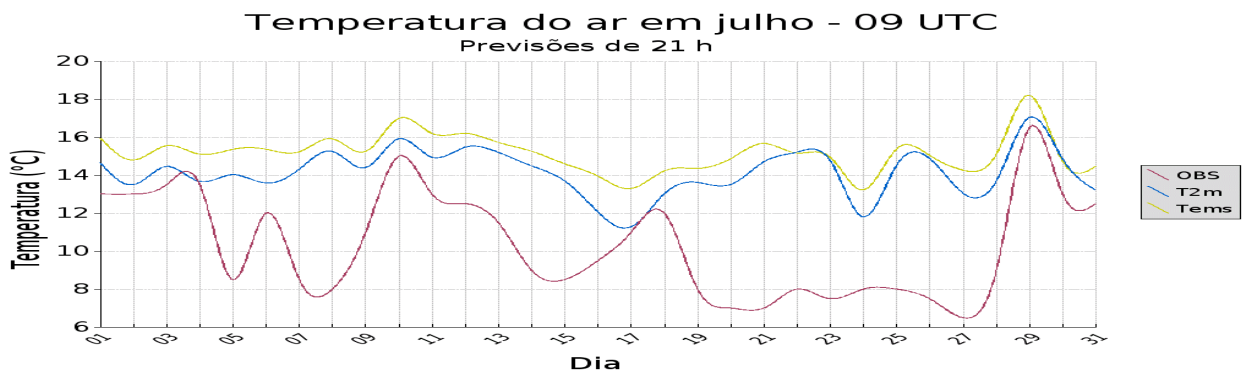


Figura 2: Temperatura do ar (°C) próximo do horário da ocorrência das temperaturas mínimas (09 UTC) (linha marrom), T2m e Tems (ambas em °C) para 21h de previsão (linhas azul e amarela, respectivamente).

As previsões de T2m para o horário próximo da máxima (Figura 3) foram melhores que as previsões de Tems. Estas estiveram sempre mais baixas que os valores de T2m. Os maiores erros em ambas as previsões são observados entre os dias 8 e 10. O modelo não conseguiu capturar a

rápida oscilação das temperaturas entre estes dias. Por outro lado, o diagnóstico de T2m conseguiu reduzir sensivelmente o erro sistemático do modelo de prever as temperaturas mais baixas do que as observadas.

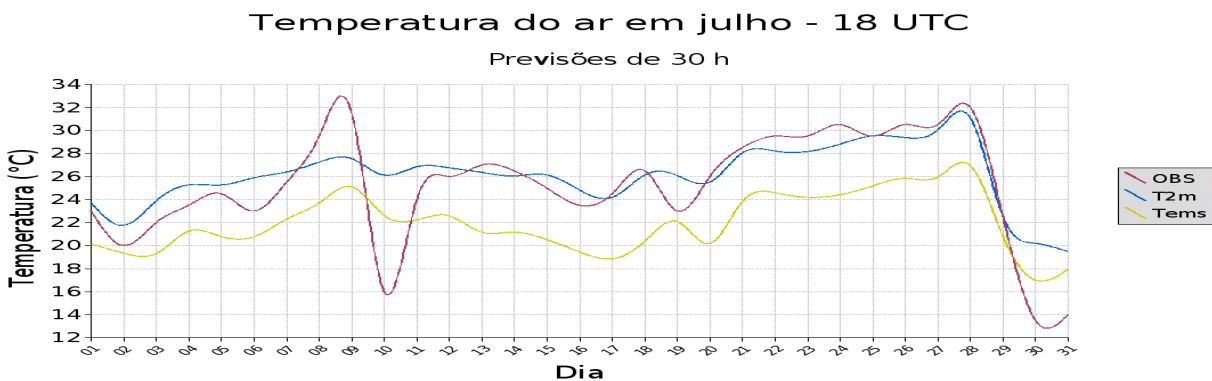


Figura 3: Idem a Figura 2, exceto para a o horário correspondente à ocorrência das temperaturas máximas (18 UTC) e para as previsões de 30h.

Como verificado anteriormente, no período de 5 a 12 de julho ocorreu a atuação do primeiro sistema frontal sobre o Sudeste. Este período foi selecionado para avaliar o desempenho de previsões específicas de T2m e Tems. Para isso, as previsões partindo das condições iniciais dos dias 5, 6, 7, 8 e 9 foram plotadas juntamente com as observações do período. Da Figura 4a vê-se que a amplitude térmica entre os dias 5 e 9 foi bastante acentuada. Nos dias seguintes houve uma queda devido à nebulosidade e à presença da massa de ar frio sobre a região. A amplitude térmica prevista com a Tems é relativamente menor para as previsões apresentadas. Entretanto, há uma tendência das previsões mais recentes se aproximarem mais dos máximos observados. Já para as mínimas, esta tendência não é verificada. Previsões mais recentes apresentam erros similares ou até maiores do que previsões mais longas. Para as previsões de T2m (Figura 4b), nota-se que o ciclo diurno previsto se aproxima mais do observado, com destaque para as previsões das temperaturas máximas que são melhor reproduzidas se comparado com as previsões de Tems. Para as mínimas, apesar da T2m simular melhor, os valores ainda são em geral superestimados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se que o diagnóstico de T2m é de grande importância para a melhoria da previsão da temperatura da superfície utilizando o MCGA/CPTEC. Em geral, as previsões de T2m apresentaram melhor desempenho se comparadas às previsões de Tems para cada horário de observação. Notou-se uma tendência da T2m apresentar desempenho inferior à Tems para os horários de 12 e 21 UTC, o que deve ser investigado futuramente. A comparação com as máximas e as mínimas observadas mostrou que a T2m se aproxima mais da observação, principalmente das máximas. Entretanto, uma correção para remoção do viés das previsões será necessária para minimizar os erros obtidos. O ciclo diurno da temperatura é melhor reproduzido a partir do diagnóstico da T2m. Estes resultados necessitam ser investigados com mais detalhes a partir da

utilização de um período mais longo de comparações, com as demais estações do ano e um número maior de estações de superfície. Pretende-se em um trabalho futuro estender esta análise para as outras regiões do Brasil com a finalidade de assegurar a confiabilidade dos resultados e obter um panorama geográfico dos erros da temperatura da superfície obtidas do MCGA/CPTEC.

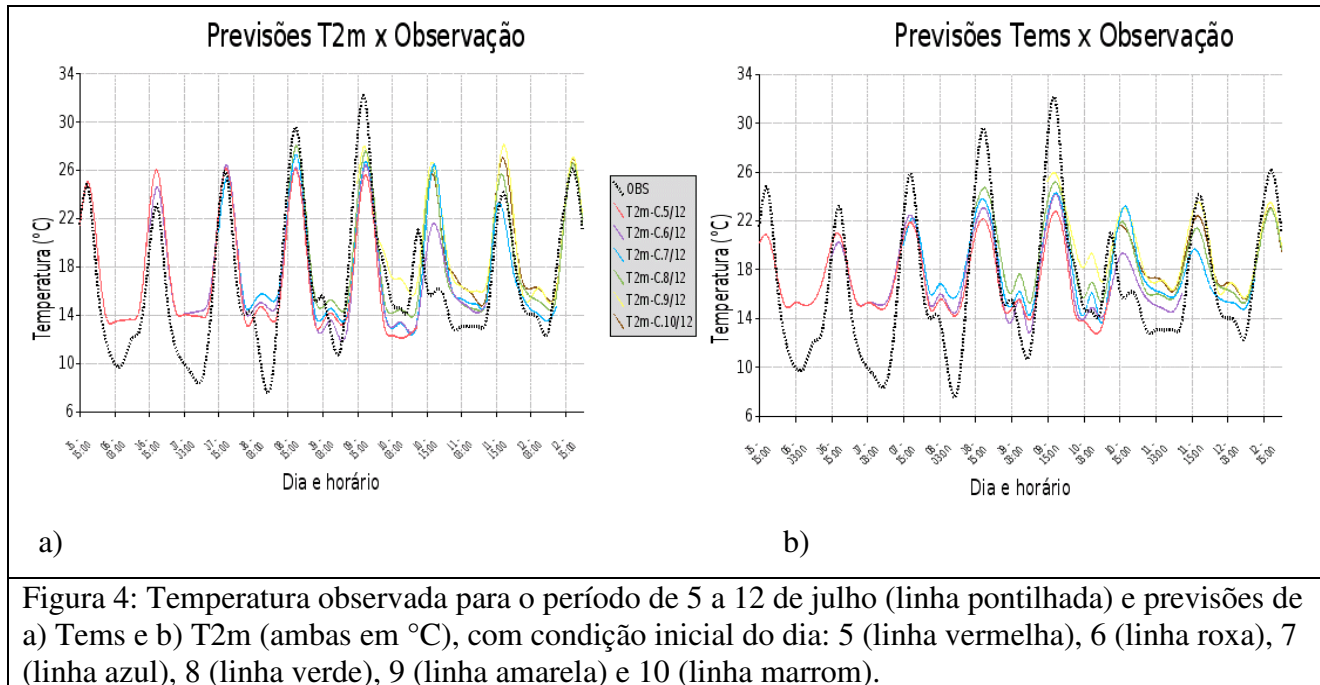


Figura 4: Temperatura observada para o período de 5 a 12 de julho (linha pontilhada) e previsões de a) Tms e b) T2m (ambas em °C), com condição inicial do dia: 5 (linha vermelha), 6 (linha roxa), 7 (linha azul), 8 (linha verde), 9 (linha amarela) e 10 (linha marrom).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arya, S. P., **Introduction to Micrometeorology, 2ª edição**. Academic Press, 2001, 440 p. (International Geophysics Series, v. 79).

Businger, J. A., Wyngaard, J. C., Izumi, Y., Bradley, E. F., Flux-profile relationships in the atmospheric surface layer. **J. Atmos. Sci.**, v. 28, p. 181-189, 1971

Jolliffe, I. T. e Stephenson, D. B. **Forecast Verification. A Practitioner's Guide in Atmospheric Science**, 2003, 252p.

Kinter III, J. L. et al., The COLA Atmosphere-Biosphere General Circulation Model. Volume 1: Formulation. **COLA technical report nº 51**, 1997.

Manton, M. J. e Cotton, W. R., Formulation of approximate equations for modeling moist deep convection on the mesoscale. **Atmos. Sci. Paper**, nº 266, Dept. Atmos. Sci., Colorado State University, Fort Collins, CO, 1977.

Prela, A., Morais, H., Guiseline, C., Caramori, P. H., Ribeiro, A. M. <sup>a</sup> R. Alternativas de proteção de cafeeiros recém implantados contra geada. **Rev. Bras. Agrometeorologia**, v. 13, nº 2, p. 256-261, 2005.

Wilks, D. S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences: An Introduction**. Academic Press, 1995, 465 p. (International Geophysics Series, v. 59).