



MS777 - Projeto Supervisionado

**Avaliação de previsões de tempo do modelo ETA  
para subsidiar pesquisas agrícolas no Brasil**

*Aluna: Dânia Naomi Osato Meira*

*Orientadora: Doutora Ana Maria Heuminski de Ávila*

Campinas, Julho de 2010

## **Resumo:**

As condições de tempo afetam todas as etapas das atividades agrícolas, desde o preparo do solo para semeadura até a colheita. Constantemente as consequências de situações adversas levam a graves impactos sociais e econômicos, muitas vezes difíceis de serem quantificados. Este projeto teve por objetivo avaliar o desempenho das previsões de tempo de principais variáveis meteorológicas, precipitação e temperatura, disponibilizadas pelo modelo Eta, disponível pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), para as cidades de Piracicaba-SP e Uberlândia-MG. Os resultados mostram que o melhor prazo de previsão é com antecedência de 24 horas e que dependendo da variável e do local analisado, outros prazos de previsão podem ser tão bons quanto este. O modelo consegue detectar as variabilidades do tempo, entretanto apresenta uma tendência de subestimar ou superestimar os extremos.

## **1. Introdução:**

As condições climáticas são importantes para inúmeros tipos de aplicação, e é neste sentido que se encontra necessidade de verificação de previsões meteorológicas. Afinal, só é interessante aplicar estas previsões em outros estudos se houver um alto grau de precisão ou então se está somente propagando erros.

Devido à natureza caótica da dinâmica da atmosfera, não há previsões de tempo ou clima perfeitas em termos quantitativos exatos. Assim, é importante avaliar a possibilidade de se utilizar estes tipos de previsões meteorológicas e uma vez conhecido o desempenho do modelo e a sua probabilidade de acerto, as previsões de tempo poderão ser utilizadas como, por exemplo, para dar suporte à estimativa de produtividade agrícola.

A comparação ideal entre os parâmetros atmosféricos estimados e as medidas requer a obtenção de métricas de avaliação dos parâmetros atmosféricos, o que permitiria estimar a probabilidade de acerto das previsões geradas. Para avaliar a qualidade das previsões de temperatura e de precipitação serão calculados parâmetros que quantificam o grau de semelhança entre a previsão e a observação (JOLLIFFE e STEPHENSON, 2003). Considerando-se  $F$  o valor previsto,  $O$  o valor observado e  $n$  o número de previsões nos pontos de grade, na região de verificação, pode-se obter os seguintes parâmetros :

- Raiz do Erro Quadrático Médio (*REQM*), que mede a amplitude do erro:

$$REQM = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (F - O)^2} \quad (1)$$

- Erro médio (*VIÉS*), que indica a direção do erro:

$$VIÉS = \frac{1}{n} \sum (F - O) \quad (2)$$

Os parâmetros foram calculados para todo o período, de 22 de setembro de 2009 a 16 de fevereiro de 2010, municípios de Piracicaba e Uberlândia.

A *REQM* é uma medida de precisão, pois como eleva ao quadrado a diferença entre os valores previstos e observados, é mais sensível a erros. Também, será sempre um valor positivo. O valor zero indica uma previsão perfeita e este valor aumenta conforme aumenta a diferença entre valores de previsão e observação.

O cálculo do Viés ajuda a avaliar se o modelo superestima (Viés positivo) ou subestima (Viés negativo) os valores observados. A remoção do viés é um método de correção estatística que ao ser aplicado nas previsões pode aumentar sua acurácia reduzindo erros (Cardoso et al. 2006).

Assim, com estes parâmetros, uma avaliação do desempenho do modelo Eta de previsão de tempo foi desenvolvida.

## **2. Dados e Metodologia:**

O modelo meteorológico ETA, cujo nome é dado pela letra grega *eta* ( $\eta$ ), é utilizado pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) para fazer previsões de tempo de até 7 dias. Esse modelo tem uma resolução espacial de 40 km x 40 km e quatro saídas diárias. O CPTEC disponibilizou os totais diários de precipitação e temperatura para os prazos de até 7 dias no período de 22 de setembro de 2009 a 16 de fevereiro de 2010.

Os dados medidos em estações meteorológicas utilizados neste estudo foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Foram escolhidas as localidades de Uberlândia e Piracicaba por serem grandes pólos agrícolas da Região Sudeste e relativamente distantes um do outro para que fosse

possível avaliar o desempenho do modelo em regiões com características climáticas diferenciadas. Para a verificação da acurácia das previsões geradas pelo modelo Eta, foram realizadas comparações entre os valores medidos de precipitação pluvial (mm), temperaturas máxima e mínima (°C) e os respectivos valores previstos na base diária.

Através da ferramenta estatística SAS foram feitos os cálculos de REQM e Viés; e transformação dos dados das temperaturas de graus Kelvin (K) para Celsius (°C):

$$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15 \quad (3)$$

### 3. Análise:

Para maior detalhamento, a análise está dividida por variável estudada, como segue:

#### (i) Precipitação

Na Figura 1 são apresentadas as Raízes dos Erros Quadráticos Médios (*REQM*) para cada prazo de previsão para as duas localidades estudadas: Piracicaba e Uberlândia. Como pode ser observado, para os primeiros dias de integração obtêm-se pontos mais próximos de zero e conforme o prazo de previsão aumenta a curva se distancia do eixo. Isto indica que as previsões de prazo de 24h são mais precisas do que as de 168h. Claramente o prazo de 24h é o que apresenta menor distância e portanto menor erro.

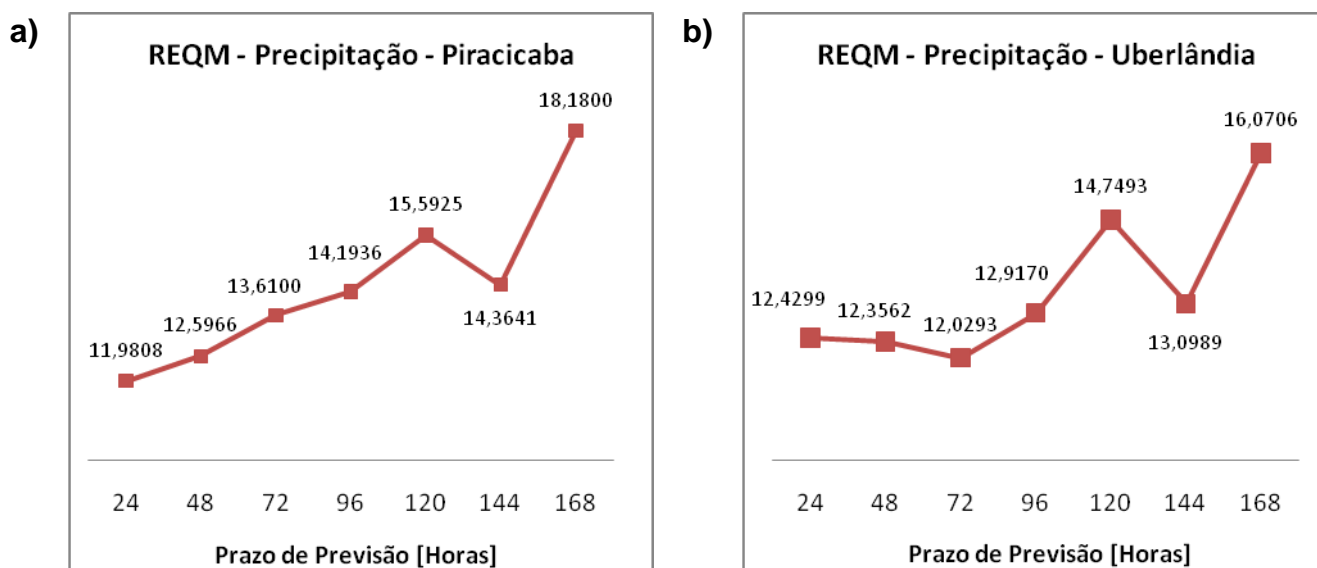


Figura 1: REQM calculada para todo o período analisado; e para cada prazo de previsão nas localidades de: a) Piracicaba; Uberlândia.

As Figuras 2 e 3 apresentam a série das previsões, para os prazos de 24h e 168h, e a série de observações para Piracicaba e Uberlândia. Nota-se que em geral as precipitações previstas (para ambos os prazos) estão seguindo as tendências de variação dos valores observados quanto à existência de picos e baixas. Porém também é válido notar que o modelo, apesar de mostrar a existência de picos, não acompanha o observado quanto aos valores exatos, ou seja, apesar de refletir quando haverá um pico seu valor sempre fica numa média que vezes está acima do observado e vezes abaixo. Além disso, pode-se notar uma tendência do modelo de superestimar o valor de precipitação, que pode ser confirmado pelos valores calculados de viés (equação 2):

Prazo de Previsão	24h	48h	72h	96h	120h	144h	168h
Viés (Piracicaba)	1.19038	2.19876	2.15704	2.80297	4.93599	2.31399	8.55270
Viés (Uberlândia)	1.15342	2.15402	2.14842	2.64993	4.78548	2.30458	8.29363

Tabela 1: Viés calculado para todo o período analisado; e para cada prazo de previsão.

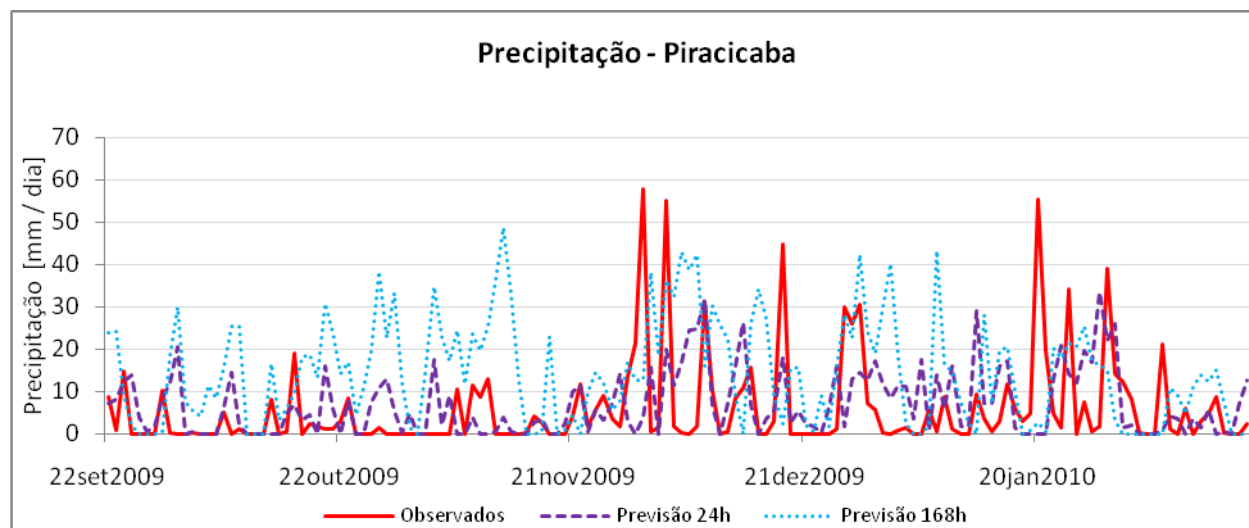


Figura 2: Série temporal das observações e previsões de precipitação para os prazos de 24h e 168h no município de Piracicaba

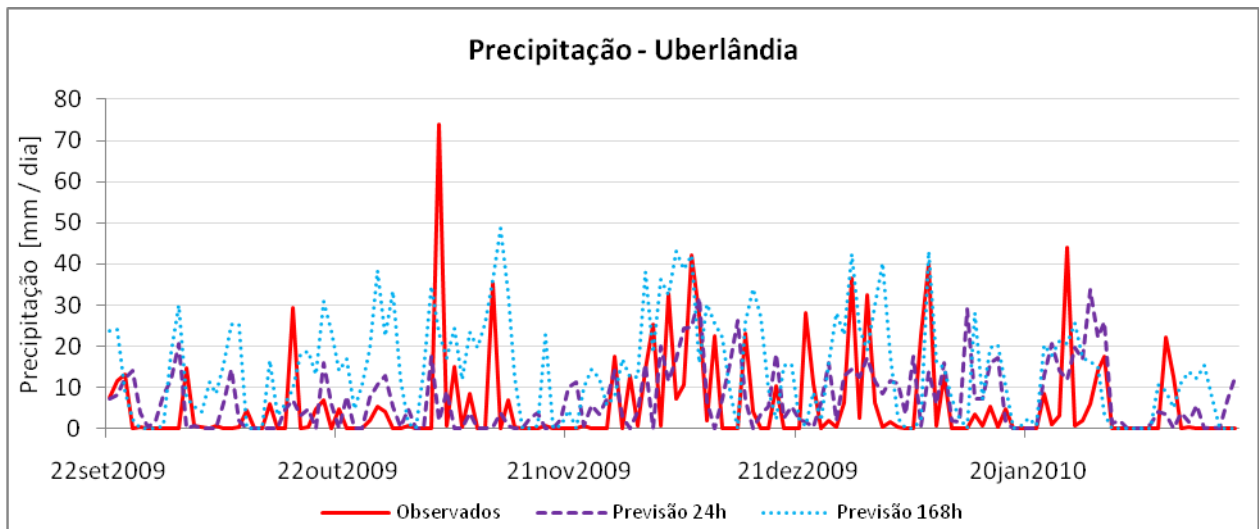


Figura 3: Série temporal das observações e previsões de precipitação para os prazos de 24h e 168h no município de Uberlândia

### (ii) Temperatura Máxima

Na Figura 4 também são apresentadas as Raízes dos Erros Quadráticos Médios (*REQM*) para cada prazo de previsão, agora para a variável Temperatura Máxima. Observa-se aqui um comportamento diferente da variável de precipitação uma vez que, para as previsões até 96h os erros crescem, e depois começam a diminuir.

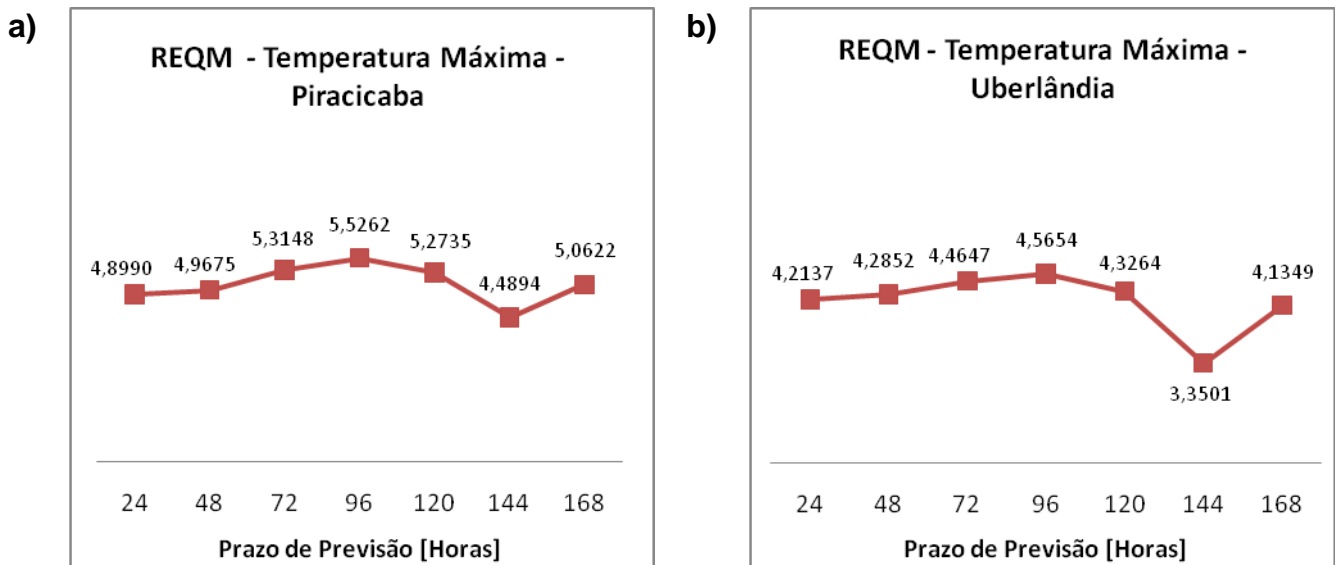


Figura 4: REQM calculada para todo o período analisado; e para cada prazo de previsão nas localidades de: a) Piracicaba; b) Uberlândia.

Nas Figuras 5 e 6 encontram-se as séries de observações e de previsões, para os prazos de 24h e 168h. Assim como no caso da precipitação, em geral as temperaturas

máximas previstas (para ambos os prazos) estão seguindo as tendências de variação dos valores observados. Nestes casos porém pode-se notar que o modelo não tem destreza em acompanhar grandes baixas.

Ao contrário do caso (i), aqui o modelo tem uma tendência de subestimar o valor observado. O viés calculado é:

Prazo de Previsão	24h	48h	72h	96h	120h	144h	168h
Viés (Piracicaba)	-3.67798	-3.77411	-4.09145	-4.35820	-3.99445	-2.93924	-3.80336
Viés (Uberlândia)	-3.66008	-3.76222	-4.08347	-4.34597	-3.97627	-2.91728	-3.78300

Tabela 2: Viés calculado para todo o período total analisado; e para cada prazo de previsão.

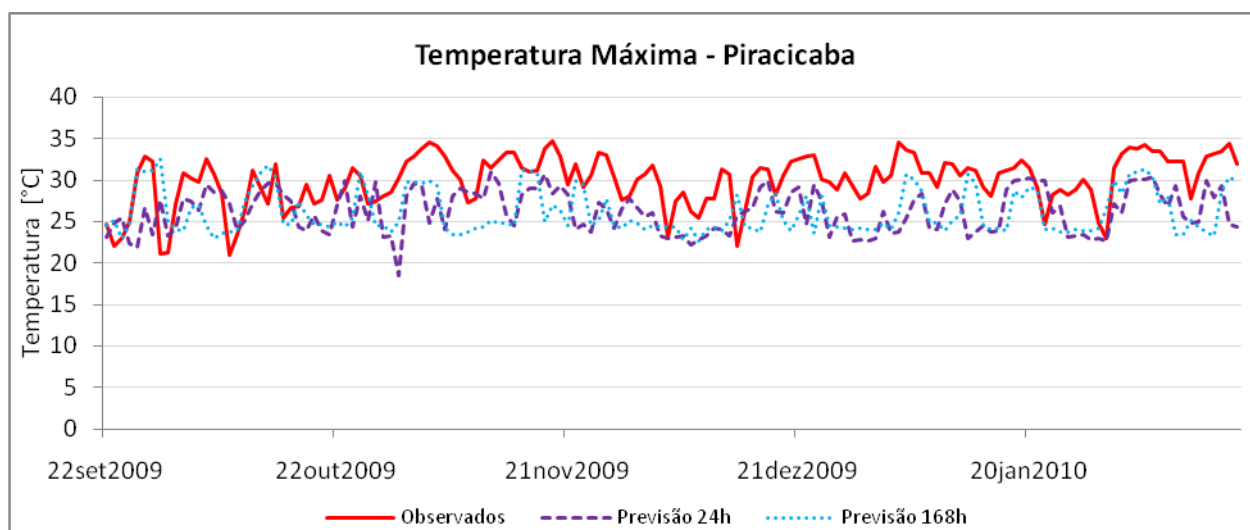


Figura 5: Série temporal das observações e previsões de precipitação para os prazos de 24h e 168h no município de Piracicaba

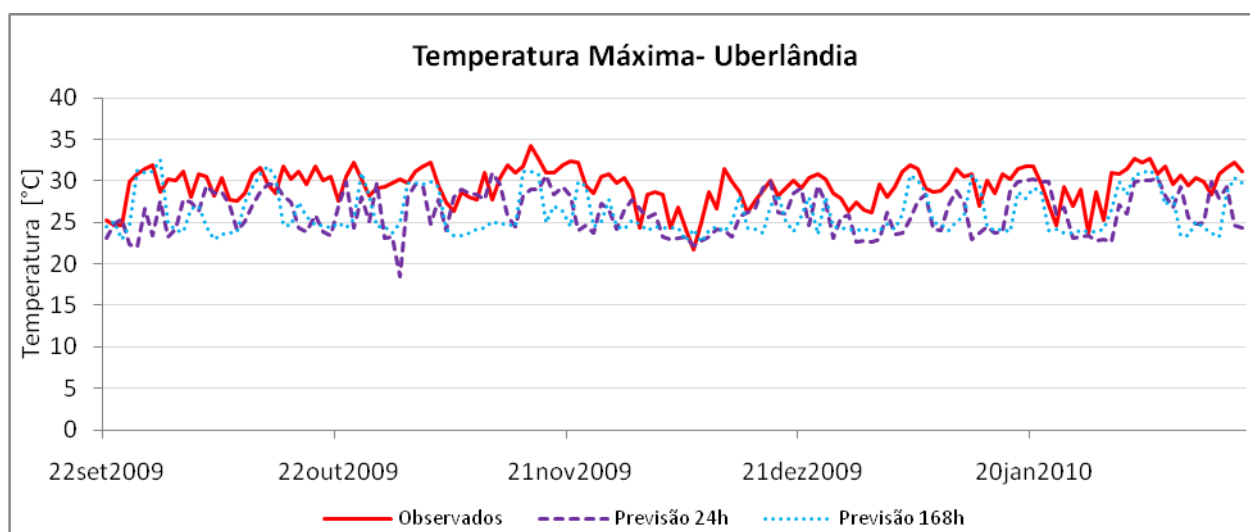


Figura 6: Série temporal das observações e previsões de precipitação para os prazos de 24h e 168h no município de Uberlândia

### (iii) Temperatura Mínima

Novamente, na Figura 7, são apresentadas as Raízes dos Erros Quadráticos Médios (*REQM*) para cada prazo de previsão, agora para a variável Temperatura Mínima. Nota-se aqui um terceiro comportamento: ao analisar todo o período, tanto a previsão de 24h quanto previsões mais distantes (96h no caso de Piracicaba e 120h no caso de Uberlândia) apresentam pequenos *REQM* se comparados aos outros prazos e, portanto pode se considerar tais previsões mais precisas.

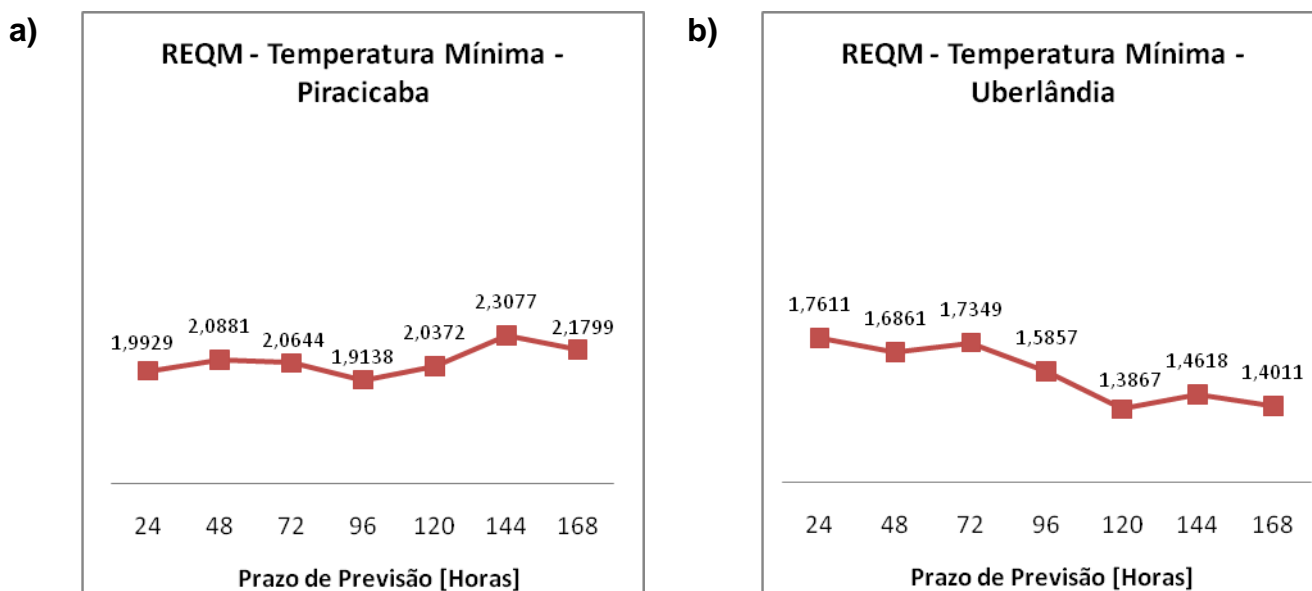


Figura 7: REQM calculada para todo o período analisado; e para cada prazo de previsão nas localidades de: a) Piracicaba; b) Uberlândia.

Nas Figuras 8 e 9 encontram-se a série de observações e de previsões, para os prazos de 24h e 168h. Numa média, os valores previstos estão seguindo as tendências de variação dos valores observados. Especificamente Na Figura 8, no qual trata-se da localidade de Piracicaba, é observado que existe um comportamento diferente para a série de previsões nos meses iniciais de análise (setembro e outubro), e tal comportamento não ocorre para o Figura 9 (Uberlândia). Uma possível explicação para isto pode-se dar ao fato de que tais meses correspondem à primavera, que tem diferentes tipos de sistemas meteorológicos atuantes associados à localização geográfica dos dois municípios. A cidade de Piracicaba está mais ao Sul e mais sujeita a sistemas transientes como as massas de ar frio, provenientes de regiões mais frias e, nos meses de setembro e outubro ainda podem ocorrer declínios de temperatura mais pronunciados. Por outro lado a estação meteorológi-



ca de Uberlândia está menos sujeita a variações mais acentuadas de temperatura por estar numa latitude menor.

Pela análise do viés calculado pode-se dizer que o modelo levemente superestima o valor observado:

Prazo de Previsão	24h	48h	72h	96h	120h	144h	168h
Viés (Piracicaba)	0.34107	0.64460	0.67105	0.48299	0.69405	1.13280	0.96158
Viés (Uberlândia)	0.62009	0.65872	0.46232	0.67250	1.10164	0.94032	0.00000

Tabela 3: Viés calculado para todo o período total analisado; e para cada prazo de previsão.

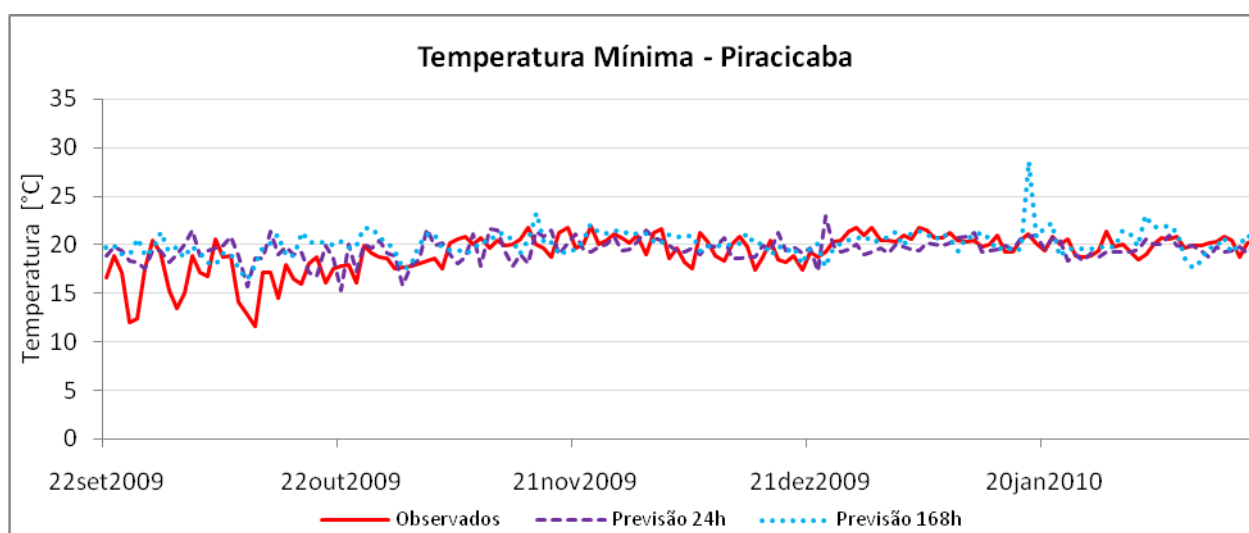


Figura 8: Série temporal das observações e previsões de precipitação para os prazos de 24h e 168h no município de Piracicaba

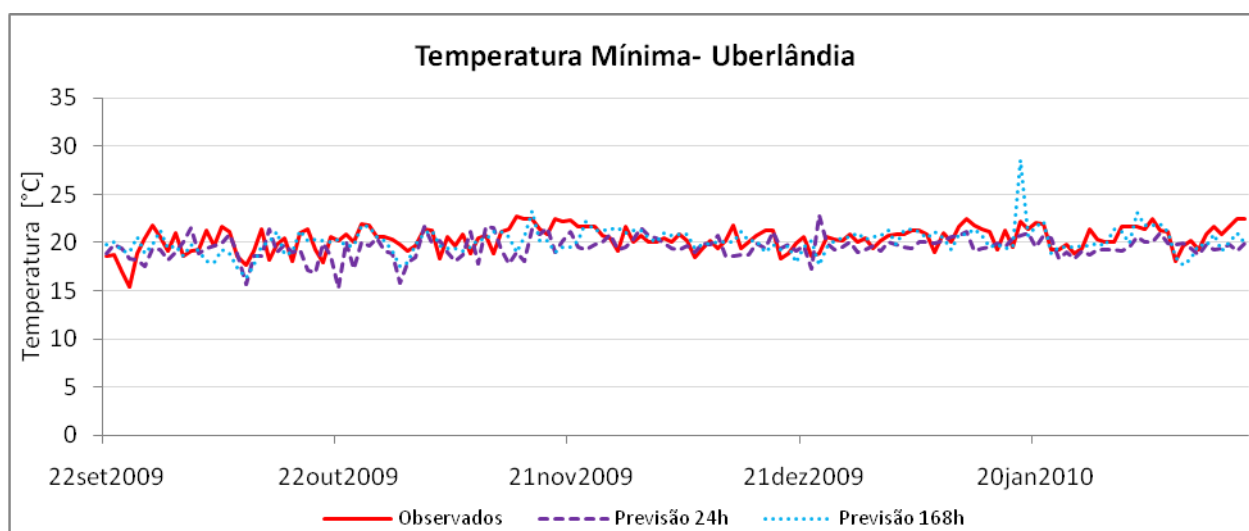


Figura 9: Série temporal das observações e previsões de precipitação para os prazos de 24h e 168h no município de Uberlândia

#### 4. Conclusão:

Os resultados para a variável de precipitação, tanto para Piracicaba quanto para Uberlândia, mostraram que o prazo de previsão com maior acurácia é o de 24h em oposição ao prazo de 168h. Também, o modelo de previsão em geral tende a seguir a variação dos valores observados, porém sempre superestimando-o, não importando o prazo de previsão.

No estudo de temperaturas máximas, observa-se que o modelo em geral subestima esta variável, encontrando temperaturas mais frias do que as máximas observadas, mas sempre acompanhando as tendências de variação dos dados das estações meteorológicas. Também, o prazo de previsão com melhor desempenho é o de 144h.

Por último, os resultados para a variável de temperatura mínima apontam que existem dois comportamentos, um para cada localidade estudada. Esta diferença pode estar associada à diferente localização geográfica destes pontos e aos tipos de sistemas meteorológicos neles atuantes. Observa-se que para Piracicaba o melhor prazo de previsão é 96h enquanto que para Uberlândia é o de 120h. Porém em um ponto o modelo tem comportamento igual, pois tende a encontrar temperaturas pouco mais quentes do que as observadas.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se utilizar o método de correção estatística de remoção de viés pois tal técnica pode contribuir para reduzir o erro do modelo, aumentando a destreza do mesmo.

#### 5. Bibliografia:

CARDOSO, A. O. ; PINTO, H. S. ; FABIO, F. R. ; PILAU, F. ; SILVA DIAS, P. L. ; AVILA, A. M. H. . **O uso de previsões de tempo estendidas na estimativa de produtividade agrícola.** In: **XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 2007, Aracaju. Anais do XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Aracaju: SBA, 2007.

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

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.

SILVA, Maria Cristina Lemos da, MENDONÇA, Antônio Marcos e BONATTI, José Paulo. **Determinação das previsões de temperaturas mínimas e máximas a partir do histórico das previsões de tempo por conjunto do CPTEC.** *Rev. bras. meteorol.*, 2008, vol.23, no.4, p.431-449. ISSN 0102-7786.

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