

XXXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
2 a 6 de agosto 2009  
Juazeiro (BA)/Petrolina (PE)



## VARIABILIDADE TEMPORAL DA TEMPERATURA EM PETROLINA-PE

CLOVIS MANOEL CARVALHO RAMOS<sup>1</sup>; ALESSANDRA FAGIOLI DA SILVA<sup>2</sup>; ANDERSON ANTONIO DA CONCEIÇÃO SARTORI<sup>3</sup>; LUÍS HENRIQUE BASSOI<sup>4</sup>; CELIA REGINA LOPES ZIMBACK<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Doutorando em Agronomia /Irrigação e Drenagem, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, - FCA-UNESP – clovisramos@fca.unesp.br.

<sup>2</sup> Mestranda em Agronomia/Energia na Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, - FCA-UNESP – alefagioli@fca.unesp.br.

<sup>3</sup> Mestrando em Agronomia/Energia na Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, - FCA-UNESP – sartori80@gmail.com.

<sup>4</sup> Pesquisador, Embrapa Semi-Árido – lhbassoi@cpatsa.embrapa.br.

<sup>5</sup> Professora, Faculdade de Ciência Agrônômica, Universidade Estadual Paulista, - FCA-UNESP – czimback@gmail.com.br.

Escrito para apresentação no  
XXXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola  
2 a 6 de agosto de 2009 - Juazeiro-BA/Petrolina-PE

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo estudar a dependência temporal da variação da temperatura do ar em Petrolina- PE, utilizando técnicas geoestatísticas e de estatística clássica. Dados de temperatura do ar de 2004, medidos a cada hora, foram distribuídos em três grupos: 0, 6, 12 e 18 horas; 2, 8, 14 e 20 horas; e 4, 10, 16 e 22 horas. Todos os dados de temperatura do ar apresentaram dependência temporal. A temperatura do ar horária estimada pelo modelo baseado nas medidas as 2, 8, 14 e 20 horas foi que apresentou melhor estimativa da temperatura real medida em cada hora do dia.

**PALAVRAS-CHAVE:** geoestatística, Semi-Árido.

## TEMPORAL VARIABILITY OF TEMPERATURE IN PETROLINA-PE

**ABSTRACT:** This work aimed to study the temporal dependence of air temperature at Petrolina, State of Pernambuco, Brazil, using geostatistics and classical statistics techniques. Data of air temperature in 2004, hourly measured, were arranged in three groups: 0, 6, 12 and 18 hours; 2, 8, 14 and 20 hours; and 4, 10, 16 and 22 hours. All data of air temperature showed temporal dependence. The hourly air temperatures estimated by the model based on 2, 8, 14, and 20 h measurements were close related to the air temperature hourly measured throughout the day.

**KEYWORDS:** geostatistics, Semi arid

**INTRODUÇÃO:** O estudo da temperatura é de fundamental importância no setor agrícola, uma vez que interfere de forma relevante no rendimento das culturas. O estudo dessa variável na região nordeste tem importância no planejamento de atividades agrícolas devido ao estresse que as altas temperaturas provocam nas diversas culturas. Melhores previsões dos períodos em que podem ocorrer excesso de temperatura permitem as tomadas de decisões mais confiáveis sobre vários aspectos das culturas. Para o estudo da temperatura de uma região, além de uma série histórica, é importante a informação como ocorreu a variação de temperatura ao longo do dia. Para tanto é necessário a utilização de equipamentos eletrônicos, o que em muitas regiões inviabiliza a série histórica. Dentre as técnicas estatísticas utilizadas para análise e interpretação de dados climáticos, encontra-se a geoestatística, que tem como característica principal a análise da distribuição espacial e/ou temporal. GOMES (2001) elaborou mapas de isoietas utilizando como ferramenta principal a geoestatística para estudar o comportamento espacial do percentil 75 da precipitação em intervalos de dez dias do Estado de São Paulo. ZAMBOTI (2001) realizou o mapeamento de chuvas médias mensais nos meses de



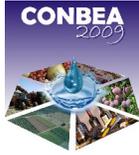
verão, para o Estado do Paraná, utilizando como ferramenta de análise da dependência espacial e interpolação de dados, respectivamente, o variograma e a krigagem. SILVA et al. (2003) estudou a variabilidade temporal da precipitação com médias mensais e anuais, em Uberaba – MG, e verificou uma baixa dependência temporal e efeito pepita puro em alguns casos, o que pode sugerir uma amostragem com espaçamento temporal grande. Desta forma, a metodologia de coleta dos dados é de grande importância na melhor forma de estimar dados climáticos de determinada região. Este trabalho teve como objetivo estudar a distribuição temporal da variação da temperatura na cidade de Petrolina-PE, utilizando técnicas geoestatísticas.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Os dados de temperatura foram coletados em 2004 na Estação Agrometeorológica Automática de Bebedouro, pertencente a Embrapa Semi-Árido, Petrolina-SP. A estação está situada na latitude de 09° 09' S, e na longitude de 40° 22' W, com 365,5 m de altitude. O clima da região é do tipo BSw<sub>h</sub>, segundo a classificação de Köppen, que corresponde a uma região climaticamente árida, com período chuvoso de janeiro a abril (TEXEIRA et al., 2002). Os dados de temperatura média horária (T24) foram analisados, utilizando a técnica de geoestatística. A partir de dados de temperatura do ano de 2004 foram selecionados três conjuntos de dados pontuais com intervalos de seis horas entre cada amostragem para cada dia do ano. Os conjuntos dados diferiram na hora da primeira observação: T0-6-12-18, com observações de temperatura as 0, 6, 12 e 18 horas; T2-8-14-20, com observações de temperatura as 2, 8, 14 e 20 horas; e T4-10-16-22 com observações de temperatura as 4, 10, 16 e 22 horas. Para os pontos não coletados, por falha do equipamento, foram mantidas as coordenadas do eixo horizontal e vertical sem valor de temperatura. Inicialmente, realizou-se uma análise descritiva dos dados para determinação das estatísticas: média; mediana; valor mínimo e máximo; desvio-padrão; coeficientes de variação, assimetria e curtose. A análise geoestatística foi realizada com intuito de verificar a existência e quantificar o grau de dependência temporal entre as observações, com base na pressuposição de estacionariedade da hipótese intrínseca, a qual é estimada pela equação abaixo, segundo Vieira et al., (1983). As variâncias foram calculadas pela equação (1):

$$\gamma^*(h) = \left( \frac{1}{2N(h)} \right) \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad 1$$

em que:  $\gamma(h)$  é a variância para um vetor  $h$  (dia);  $Z(x)$  e  $Z(x+h)$  são os pares de observações de temperatura, separados pelo vetor  $h$  (dias);  $N(h)$  é o número de pares de valores medidos  $Z(x)$ ,  $Z(x+h)$ , separados por um vetor  $h$ . A partir do ajuste de um modelo matemático são calculados os valores de  $\gamma^*(h)$ , e estimados os coeficientes efeito pepita ( $C_0$ ), patamar ( $C_0 + C_1$ ) e o alcance ( $a$ ) do modelo teórico para o variograma. Para o cálculo do índice de dependência temporal (IDT), utilizou-se a classificação proposta por ZIMBACK (2001), adaptada para a análise temporal, em que é considerada baixa dependência para IDT menor que 25%, moderada para IDT entre 25% e 75% e alta para IDT maior que 75%. Os modelos foram ajustados pelo *software* GS<sup>+</sup> 7.0 (ROBERTSON, 2004), considerando a menor soma do quadrado dos resíduos, o maior coeficiente de determinação  $R^2$  e pelo coeficiente de correlação obtido pelo método de validação cruzada. Em seguida, os variogramas foram escalonados pela variância dos dados, como descrito por Vieira (1983). Comprovada a dependência temporal realizou-se interpolação para estimar valores de temperatura com intervalo de uma hora (0:30 horas até as 23:30), utilizando o método da krigagem ordinária, para construção do mapa. A fim de verificar a exatidão dos dados estimados foi construído um gráfico de dispersão com os dados de temperatura horária observadas e estimadas, utilizando o *software* exel.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os resultados da análise descritiva da temperatura estão apresentados na tabela 1. Os dados de temperatura, para o período observado em Bebedouro, apresentaram assimetria positiva ( $C_s$ ), com a média maior que a mediana, com valores próximos de zero com exceção do T2-8-14-20, que apresentou assimétrico a direita. Todos os dados de temperatura apresentaram distribuição de frequência platicúrtica, ou seja, com curtose menor que zero, mostrando uma tendência desses atributos apresentarem maior dispersão dos dados em torno da média. É



importante ressaltar que o software GS<sup>+</sup> (ROBERTSON, 1998), utilizado para análise descritiva, adota como padrão o valor zero para distribuição mesocúrtica.

TABELA 1. Estatística descritiva da temperatura.

| Atributos          | n    | Média | Mediana | Mínimo | Máximo | s    | CV    | Cs   | Ck    |
|--------------------|------|-------|---------|--------|--------|------|-------|------|-------|
| <b>T24</b>         | 8616 | 25,59 | 25,54   | 14,00  | 38,00  | 4,03 | 63,58 | 0,33 | -0,52 |
| <b>T0-6-12-18</b>  | 1436 | 25,79 | 25,56   | 15,69  | 36,98  | 3,98 | 61,54 | 0,13 | -0,73 |
| <b>T2-8-14-20</b>  | 1436 | 26,11 | 25,14   | 16,46  | 38,57  | 3,91 | 58,45 | 0,65 | -0,27 |
| <b>T4-10-16-22</b> | 1436 | 26,35 | 26,265  | 15,16  | 37,86  | 4,18 | 66,34 | 0,21 | -0,59 |

T24: observações da temperatura de hora em hora; T0-6-12-18: observações da temperatura as 0, 6, 12 e 18 horas; T2-8-14-20: observações da temperatura as 2, 8, 14 e 20 horas; T4-10-16-22: observações da temperatura as 4, 10, 16 e 22 horas; n: número de observações; s: desvio-padrão; CV: coeficiente de variação (%); Cs: Coeficiente de assimetria; Ck: coeficiente de curtose;

Com base no critério de WARRICK e NIELSEN (1980), o coeficiente de variação apresentou-se médio ( $12\% > CV > 60\%$ ) para T2-8-14-20 e alto ( $CV > 60\%$ ) para os demais dados de temperatura. Os resultados da análise geoestatística (Tabela 2) indicam que os dados de temperatura apresentaram dependência temporal, ajustando-se ao modelo esférico. Os pontos localizados num tempo menor ou igual ao alcance são mais similares e estão dependentes entre si, em relação tempo. O maior alcance foi encontrado para o T4-10-16-22 (15,05 h). O índice de dependência temporal (IDT) para o conjunto de dados apresentou alta dependência temporal (IDE = 75%), conforme classificação proposta por ZIMBACK (2001).

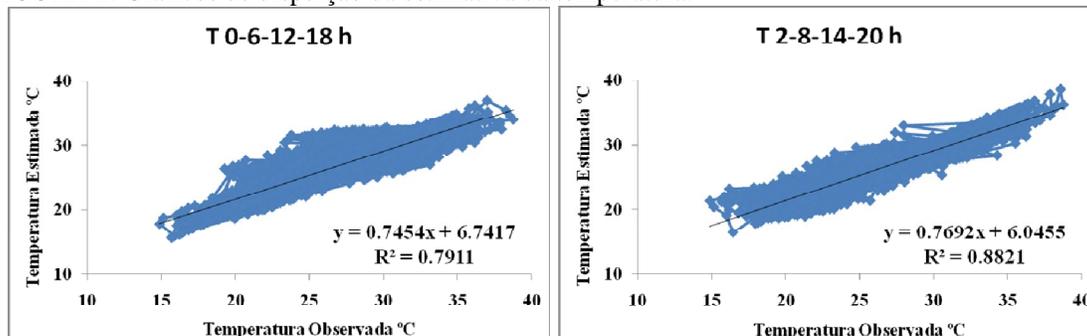
TABELA 2. Modelos e parâmetros dos variogramas escalonados da temperatura.

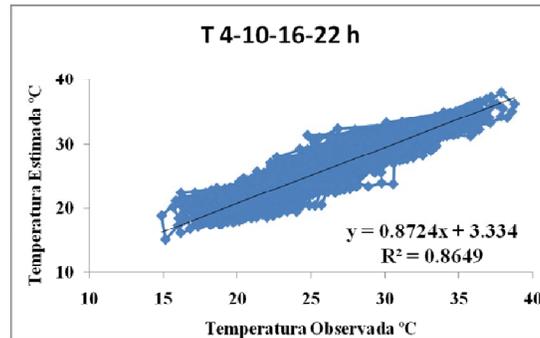
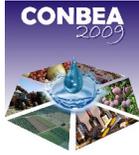
| Atributos          | Modelo   | Ao    | C <sub>0</sub> | C <sub>0</sub> +C | R <sup>2</sup> | IDT | RCV  |
|--------------------|----------|-------|----------------|-------------------|----------------|-----|------|
| <b>T24</b>         | Esferico | 12.71 | 0.000614       | 0.944             | 94             | 99  | 0.93 |
| <b>T0-6-12-18</b>  | Esferico | 15.04 | 0.00063        | 0.9054            | 82             | 99  | 0.88 |
| <b>T2-8-14-20</b>  | Esférico | 14.64 | 0.000655       | 0.9292            | 79             | 99  | 0.88 |
| <b>T4-10-16-22</b> | Esferico | 15.05 | 0.000572       | 0.9513            | 78             | 99  | 0.88 |

Ao: alcance da dependência temporal; C<sub>0</sub>: efeito pepita; C<sub>0</sub>+C: patamar; IDT: índice de dependência temporal e R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação múltipla do ajuste; RVC: coeficiente de correlação da validação cruzada.

De acordo com os gráficos de dispersão (Figura 1), a estimativa do modelo T2-8-14-20 foi o que se aproximou da temperatura real observada, mostrando que a tomada de dados de temperatura nestes horários é recomendada.

FIGURA 2. Gráficos de dispersão da estimativa da temperatura.





**CONCLUSÕES:** Todos os dados de temperatura apresentaram dependência temporal. A temperatura estimada pelo modelo T2-8-14-20 foi a que se aproximou da temperatura real observada.

**AGRADECIMENTOS:** Ao GEPAG – Grupo de Pesquisas Agrárias Georreferenciadas, Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, FCA UNESP Botucatu - SP, pelo apoio infra-estrutural, e à Embrapa Semi-Árido pelos dados fornecidos.

## REFERÊNCIAS

- GOMES, B. M. *Comportamento espacial do percentil 75 da precipitação decedial do estado de São Paulo*. 2001. 101 p. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. 2001.
- ROBERTSON, G. P. GS+: Geostatistics for the environmental sciences – GS+ User’s Guide. Plainwell, Gamma Desing Software, 2004. 152 p.
- SILVA, J. W. da; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba-MG. *Ciência Agrotecnica*. Lavras, v.27, n.3, p.665-674, maio/jun., 2003.
- TEIXEIRA, A. H. de C.; BASSOI, L. H.; COSTA, W. P. L. B. da; SILVA, J. A. M.; SILVA, E. E. G. da. Consumo hídrico da bananeira no Vale do São Francisco estimado pelo método da razão de Bowen. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*. Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 45-50, 2002.
- VIEIRA, S. R.; HATFIELD, T. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, v. 51, n. 3, p. 1-75, 1983.
- WARRICK, A.W. & NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). *Application of soil physics*. New York: Academic Press, 1980. 385 p.
- ZAMBOTI, J. L. *Mapas pluviométricos médios mensais no verão para o estado do Paraná, utilizando métodos geoestatísticos*. 2001. 117 p. Dissertação (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. 2001
- ZIMBACK, C.R.L. *Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade*. 2001. 114 p. Tese de Livre-Docência (Livre-Docência em Levantamento do solo e fotopedologia), FCA/UNESP, 2001.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.