

# MODELO PROGNÓSTICO E DIAGNÓSTICO DA MARCHA DIÁRIA DE TEMPERATURA PARA ARAXÁ - MG

Marcos Oliveira SANTANA<sup>1</sup>, Gilberto Chohaku SEDIYAMA<sup>2</sup>, Aristides RIBEIRO<sup>3</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

Agricultores do Estado de Minas Gerais, principalmente os cafeicultores da região sul do Estado, não raramente são surpreendidos pela ocorrência de geadas, as quais trazem enormes perdas para suas lavouras. Devido às dificuldades e aos elevados custos do combate às geadas, torna-se útil e necessário o desenvolvimento de modelos que possam fazer prognóstico e permitir aos agricultores tomarem medidas preventivas quando houver grande probabilidade de ocorrência desse fenômeno evitando-se ou reduzindo-se os prejuízos causados pela ocorrência de geadas.

O modelo em desenvolvimento baseia-se em prever a marcha diária da temperatura e verificar a possibilidade da ocorrência de baixas temperaturas que possam causar geadas. De posse de um valor probabilístico, os agricultores poderão, então, tomar decisões quanto à utilização de seus mecanismos preventivos.

Em virtude do exposto, o objetivo deste projeto é estabelecer modelos prognósticos e diagnósticos da marcha diária de temperatura para o município de Araxá-MG. Estes modelos servirão como subsídio para o desenvolvimento de modelos de previsão de ocorrência de fenômenos adversos como geadas. Deseja-se também verificar os ajustes dos modelos estabelecidos aos dados observados e avaliar a viabilidade da inclusão dos dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) no modelo prognóstico da temperatura em tempo real.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para modelar a marcha horária da temperatura do ar utilizou-se a série de Fourier, que é uma ferramenta para representar fenômenos que apresentem comportamento periódico, por exemplo, a temperatura.

Para verificar a eficiência da série estabeleceu-se uma meta de atingir uma variância acumulada de 90% ou mais da variância dos dados observados.

Calculou-se, então, a variância para os dois primeiros harmônicos da série de Fourier e os seus respectivos coeficientes, a partir dos dados observados da estação automática da localidade em estudo.

Aplicou-se a análise de regressão múltipla aos coeficientes dos harmônicos da série de Fourier. As variáveis predictoras utilizadas para estabelecer os modelos prognósticos e diagnósticos da marcha diária de temperatura foram: temperatura média diária; temperatura máxima e mínima e a amplitude diária de temperatura.

A equação genérica dos modelos prognósticos e diagnósticos baseada nos dois primeiros harmônicos da série de Fourier é a seguinte:

$$T_t = A_0 + A_1 \cos \frac{\pi}{12} + B_1 \operatorname{sen} \frac{\pi}{12} + A_2 \cos \frac{\pi}{6} + B_2 \operatorname{sen} \frac{\pi}{6}$$

em que,  $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_2$  e  $B_2$  são os coeficientes dos harmônicos e foram determinados por meio de regressão múltipla conforme o modelo seguinte:

$$A_0 = C_0 + C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + C_4 X_4$$

em que,  $C_0$  é a constante de regressão e  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  e  $C_4$  são os coeficientes de regressão. As variáveis predictoras  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  e  $X_4$  correspondem a temperatura média, máxima, mínima e amplitude térmica diária. Para a obtenção dos modelos prognósticos foram utilizadas variáveis predictoras do dia seguinte.

Os modelos estabelecidos foram testados usando-se dados de temperatura obtidos na mesma localidade, durante os meses mais frios do ano (maio, junho e julho). Foram traçadas curvas de distribuição diária de temperatura, obtidas mediante dados observados e estimados.

A verificação da precisão dos modelos foi feita por meio do cálculo, para uma dada amostra, do erro padrão de estimativa (EPE) e o ajuste aos dados medidos foi verificado analisando-se o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$ ).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise das séries de Fourier foram utilizados dados de estações automáticas do INPE contendo séries históricas com intervalos de 3 horas.

Os dados coletados nas estações automáticas podem ser de grande utilidade para o desenvolvimento de um sistema de previsão em tempo real, entretanto estas estações estão sujeitas a falhas. Em alguns casos, a temperatura não é lida e em outros casos são lidos valores incorretos. Apesar dessas falhas, os resultados obtidos nos testes foram satisfatórios.

Foi implementado um programa em linguagem Visual Basic para a aplicação da série de Fourier e para permitir o desenvolvimento dos modelos prognósticos e diagnósticos de temperatura utilizando análise de componentes principais e regressão linear múltipla aplicados aos dois primeiros coeficientes dos harmônicos da série de Fourier. Com o conjunto das variáveis predictoras (temperatura média, máxima, mínima e amplitude diárias) foram realizadas todas as combinações possíveis de regressão sendo selecionada aquela que apresentava maior  $R^2$  ajustado.

Os resultados se mostraram satisfatórios como pode ser constatado analisando-se os ajustes dos modelos (Quadro 01). Verifica-se que tanto os modelos diagnósticos quanto os prognósticos apresentaram  $R^2$  superior a 90% e erro padrão da estimativa menor que 1,3 °C. Não foi possível obter modelos prognósticos significativos para períodos com antecedência maior que 24 horas em virtude das falhas de dados nas séries históricas.

<sup>1</sup> Doutorando em Engenharia Agrícola da UFV, E-Mail: [santana@alunos.ufv.br](mailto:santana@alunos.ufv.br). Bolsista do CNPq.

<sup>2</sup> PhD Prof. Tit. Departamento de Engenharia Agrícola da UFV. Bolsista do CNPq.

<sup>3</sup> Dr. Prof. Adj. Departamento de Engenharia Agrícola da UFV. Bolsista do CNPq.

Quadro 01 – Resumo estatístico do ajuste dos modelos de marcha diária da temperatura

Modelo	EPE	R <sup>2</sup> Ajustado %
Diagnóstico	1.154	92.93
Prognóstico	1.267	90.92

São apresentados a seguir (Quadros 02 e 03) os coeficientes de regressão dos harmônicos da série de Fourier (Equações 01 e 02) para os modelos prognósticos e diagnósticos do município de Araxá.

Quadro 02 – Coeficientes dos harmônicos do modelo prognóstico da marcha diária de temperatura para Araxá

	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
A <sub>0</sub>	1.948	1.279	0.542	-0.222	-
A <sub>1</sub>	-3.103	-	-	-	-0.100
A <sub>2</sub>	2.456	-	-	-0.053	-
B <sub>1</sub>	-1.846	0.216	-0.222	0.087	-
B <sub>2</sub>	1.271	0.040	-	-	-0.076

Quadro 03 – Coeficientes dos harmônicos do modelo diagnóstico da marcha diária de temperatura para Araxá

	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
A <sub>0</sub>	-	2.000	-	-	-
A <sub>1</sub>	-0.193	-0.449	-	0.323	-
A <sub>2</sub>	1.936	-0.054	-	-	0.061
B <sub>1</sub>	0.054	-0.264	-0.091	0.367	-
B <sub>2</sub>	2.382	-0.196	-	0.175	-

Também foi desenvolvido um aplicativo computacional que permite a automatização dos procedimentos de obtenção dos dados do INPE na Internet, verificação de falhas e aplicação dos modelos para a obtenção da temperatura estimada do dia seguinte.

#### 4. CONCLUSÕES

Em virtude dos resultados obtidos verificou-se que a metodologia adotada permitiu resultados satisfatórios na obtenção de modelos prognósticos e diagnósticos da marcha diária de temperatura para o município de Araxá – MG. Sendo possível a sua utilização na previsão de ocorrência de geadas com 24 horas de antecedência.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAIER, W. Note on the terminology of crop-weather models. **Agric. Meteorol.**, v.20, n.2, p.137-135. 1979.
- BAUDER, J.W.; RANDAL, G.W. Regression models for predicting corn yields from climatic data and management practice. **Soil Science Society American Journal**, v.46, n.1, p.158-161. 1982.
- DALLAVALLE, J. P., JENSENIUS, J. S. & KLEIN, W.H. Improved surface temperature guidance from the Limited area Fine Mesh. In. EIGHTH CONFERENCE ON WEATHER FORECASTING AND ANALYSIS, 8<sup>th</sup>., Denver, Colorado, 1980. **Preprints**, Boston, Massachusetts, American Meteorological Society, 1980. 1-8.
- DE WIT, C.T.; BROWER, R.; PENNING de VRIES, F.W.T. A dynamic model of plant crop growth. In: WAREING, P.P.; COOPER, J.R. **Potencial crop production, a case study.**, London, Heinemann Educational Books, 1977. p.117-142.
- DUNTEMAN, G.H. **Introduction to multivariate analysis.** Beverly Hills: SAGE, 1984. 237p.
- GLAHN, H.R.; LOWRY, D.A. The use of model output statistics (MOS) in objective weather forecasting. **Journal of Applied Meteorology**, v.17, n.8, p.1203-1211. 1972.
- McCUTCHAN, M.H. Determining the diurnal variation of surface temperature in mountainous terrain. **Journal of Applied Meteorology**, v.18, n.9, p.1224-1229. 1979.
- McCUTCHAN, M.H. Diagnosing and predicting surface temperature in mountainous terrain. **Monthly Weather Review**, v.104, n.8, p.1044-1051. 1976.
- MORRISON, D.F. **Multivariate statistical methods.** 2.ed. New York: McGraw Hill, 1976. 415p.
- SOARES, J.V. **Modelos físico-matemáticos de saída estatística para diagnosticar e prever a marcha diária da temperatura.** Viçosa: UFV, 1981. 80p. (Tese - Mestrado em Engenharia Agrícola).
- YADA, I.F.U. BERATO, J.R. **Análise harmônica aplicada a dados de temperaturas médias mensais de Campinas, SP.** Piracicaba: ESALQ, 1986. 136p. (Tese - Mestrado).