

# **AVALIAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA O CÁLCULO DA TEMPERATURA MÉDIA MENSAL DO AR EM DIAMANTINA – MINAS GERAIS**

**RODRIGO MARQUES NASCIMENTO<sup>1</sup>; MARIA JOSÉ HATEM DE SOUZA<sup>2</sup>;  
GUSTAVO AUGUSTO MARTINS<sup>3</sup>; BÁRBARA GOMES RIBEIRO<sup>4</sup>,  
JOSÉ SEBASTIÃO CUNHA FERNANDES<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Graduando em Agronomia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina – MG, email:

[rodrigoufvjm@hotmail.com](mailto:rodrigoufvjm@hotmail.com)

<sup>2</sup> Engenharia Agrícola, Professora Dr<sup>a</sup>. Adjunta, Departamento de Agronomia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina – MG.

<sup>3</sup> Graduando em Sistemas de Informação da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina – MG

<sup>4</sup> Graduando em Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina – MG

<sup>5</sup> Engenheiro Agrônomo. Prof. Associado Dr. Departamento de Agronomia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina – MG.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 - GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG.

**RESUMO:** Este estudo teve como objetivo comparar os valores de temperatura média do ar estimados pelos métodos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), pela metodologia dos valores extremos (VE) e, por último, pela metodologia utilizada em estações automáticas (EMA), sendo esta utilizada como referência. Os dados utilizados no estudo foram fornecidos pelo INMET sendo estes obtidos em uma estação automática localizada no aeroporto de Diamantina-MG. Determinou-se o erro percentual (EP), o erro médio (EM), o erro padrão de estimativa (EPE) e o coeficiente de correlação. A metodologia utilizada pelo IAC foi a que apresentou os menores erros dentre as metodologias estudadas. Também foi calculado o erro dos resultados com relação aos coeficientes de correlação encontrados, sendo aplicado o teste t para averiguar a significância destes resultados. Durante todo o ano a temperatura média do ar foi superestimada pelos métodos do INMET, do IAC e do VE.

**PALAVRAS CHAVE:** estação automática, estimativa da temperatura

## **EVALUATION OF METHODS FOR THE CALCULATION OF THE MEAN AIR TEMPERATURE IN DIAMANTINA - MINAS GERAIS**

**ABSTRACT:** This study aimed to compare the values of mean air temperature estimated by the methods of the National Institute of Meteorology (INMET), the Agronomic Institute of Campinas (IAC), by the methodology of extreme value (VE) and, finally, by methodology used in automatic station (EMA), which is used as reference. The data used in the study were provided by INMET which are obtained in an automatic station located in the airport of Diamantina, MG. It was determined the error percentage (EP), the mean error (ME), the standard error of estimation (EPE) the correlation coefficient. The methodology used by IAC was the one with smallest errors among the studied methods. Was also calculated the error of results with respect to correlation coefficients found, and the t test applied to determine the significance of these results. In the year the mean air temperature was overestimated by INMET, IAC and VE methods.

**KEYWORDS:** automatic station, temperature estimation

**INTRODUÇÃO:** A temperatura do ar exerce influência em vários aspectos da produtividade vegetal, estando relacionada com o crescimento e desenvolvimento das plantas, devido ao seu efeito na velocidade das reações bioquímicas e dos processos internos de transporte. Diante da tendência mundial de automatização da aquisição de dados meteorológicos, as estações automáticas, por razões que vão desde a capacidade de amostragem até as facilidades em comunicação, organização e armazenamento dos dados, têm tido grande aceitação no monitoramento ambiental. Em climatologia e em agrometeorologia, a temperatura do ar é expressa em valores médios (diários, mensais e anuais), valores extremos (máxima e mínima) e amplitude térmica. Quanto maior o número de observações no período analisado, maior será a precisão do cálculo de temperatura média. Em estudos comparativos entre diferentes ambientes é comum comparar dados obtidos em estações automáticas com dados obtidos em estações convencionais. Desta forma o objetivo do presente estudo foi comparar os valores de temperatura média do ar estimados por pelos métodos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), pela metodologia dos valores extremos (VE) e, por último, pela metodologia utilizada em estações automáticas (EMA), sendo esta utilizada como referência.

**MATERIAIS E MÉTODOS:** O trabalho foi desenvolvido nas dependências da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), utilizando dados horários obtidos durante todo o ano de 2008, no 5º Distrito de Meteorologia, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A estação automática, instalada no aeroporto da cidade, está localizada a 1362 m de altitude, com latitude de 18°23' e longitude de 43°64', localizada em um ambiente classificado como campo rupestre, que apresenta características de um ecossistema comumente encontrado em locais com altitudes superiores a 900 m, sobre topos de serras e chapadas. Foram utilizados dados horários para realizar o cálculo das temperaturas médias diárias e com estas calcularam-se as temperaturas médias mensais da temperatura do ar. Analisou-se a temperatura média diária do ar calculada: pela metodologia utilizada pelo INMET, pela metodologia utilizada pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), pela metodologia dos valores extremos (VE), e por último pela metodologia utilizada em estações automáticas (EMA). Todas estas metodologia são descritas por PEREIRA et al (2002), e estão apresentadas logo abaixo. A estação automática possibilita realizar observações em intervalos bem reduzidos, aumentando a qualidade das medidas e das estimativas dos valores médios. Foi padronizado que os resultados encontrados pelas metodologias do INMET, IAC e VE seriam comparados com os valores médios obtidos pela fórmula EMA, pois este como dito anteriormente calcula a temperatura média a partir de um número maior de observações em relação às outras metodologias. A fórmula adotada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que se baseia em duas medidas feitas em horários padronizados pela Organização Meteorológica Mundial, que corresponde as 12 UTC e 24 UTC (sendo estes horários correspondentes às 9hs e 21hs, respectivamente, para a região sudeste do Brasil), sendo a fórmula de estimativa:

$$T_{\text{méd}} = (T_{9\text{hs}} + T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}} + 2 * T_{21\text{hs}}) / 5. \quad \text{Eq.1}$$

O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) utiliza uma fórmula que inclui temperaturas registradas às 10 UTC, 17 UTC e 24 UTC (correspondentes aos horários de 7, 11 e 21 horas), ou seja:

$$T_{\text{méd}} = (T_{7\text{hs}} + T_{14\text{hs}} + 2 * T_{21\text{hs}}) / 4. \quad \text{Eq.2}$$

A metodologia dos valores extremos (VE) utiliza somente as temperaturas máximas e mínimas:

$$T_{\text{méd}} = (T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}) / 2. \quad \text{Eq.3}$$

A metodologia aplicada para dados coletados em uma estação automática (EMA) calcula a temperatura média a partir da seguinte fórmula:

$$T_{\text{méd}} = \sum T_{\text{ar}}/N_{\text{obs}}, \quad \text{Eq.4}$$

em que,  $N_{\text{obs}}$  refere-se ao número de observações realizadas (de acordo com o sistema utilizado) e  $T_{\text{ar}}$  a temperatura do ar registrada em cada observação. Foi utilizado o coeficiente de correlação para avaliar o grau de correlação entre os resultados encontrados pelas metodologias estudadas em relação à estação automática (EMA). Calculo-se diariamente o Erro Percentual (EP), em porcentagem (%), obtendo a média mensal deste erro. Já o Erro Médio (EM) e o Erro Padrão de Estimativa (EPE), ambos em °C, foram calculados mensalmente, tendo como referência os valores de temperatura média diária obtidos pela metodologia empregada em estações automáticas (EMA). Foi também calculado o erro, utilizando-se o coeficiente de correlação como parâmetro, sendo aplicado o teste t para investigar se os resultados encontrados eram significativos.

$$\text{Erro} = ((1-r)^2/(n-2))^{0,5} \quad \text{Eq.5}$$

em que  $r$  é o coeficiente de correlação e  $n$  é o número de meses estudados.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Figura 1 são apresentados os valores obtidos da temperatura média do ar mensais estimadas pelas quatro metodologias. Os coeficientes de correlação encontrados foram iguais a: 0,9987, 0,9981 e 0,9985, respectivamente para as metodologias INMET, IAC e VE. Os resultados dos coeficientes de correlação encontrados mostram que os valores encontrados pelas metodologias possuem uma forte correlação. Observa-se, ainda nesta figura, que os valores estimados pelo método utilizado pelo IAC são os que mais se aproximam dos valores obtidos pela metodologia utilizada nas estações automáticas (EMA), fato este que pode ser comprovada na Tabela 1, onde são apresentados os erro percentual, erro médio e o erro padrão de estimativa, obtidos quando comparadas as metodologias empregadas tendo como referência a temperatura obtida pela EMA. Verifica-se nesta tabela que os menores erros foram obtidos utilizando a metodologia do IAC, e os maiores erros na metodologia de valores extremos.

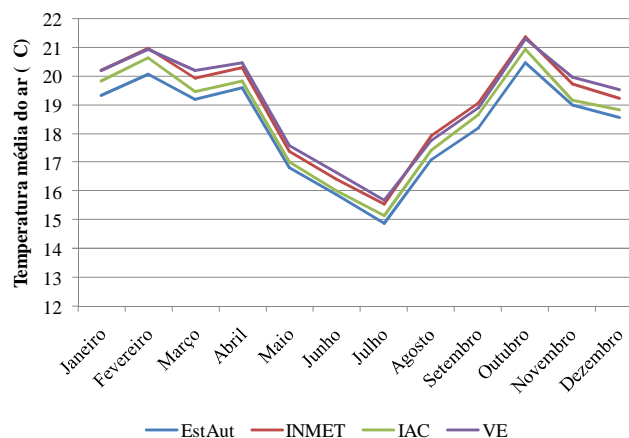


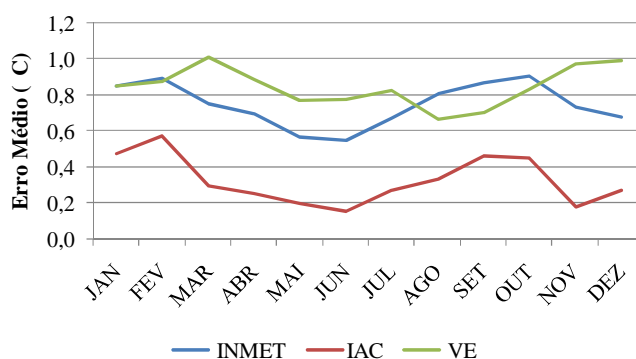
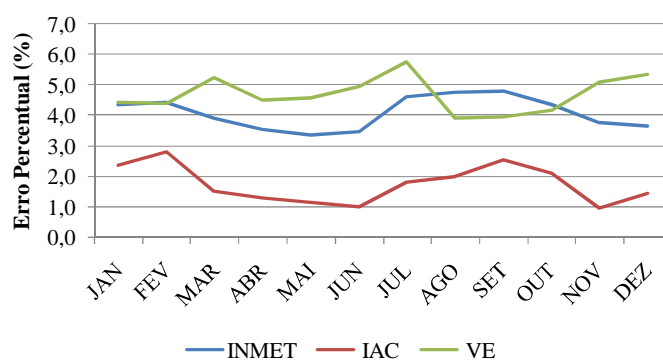
Figura 1. Temperatura média mensal do ar calculada pelos métodos do INMET, IAC, VE e da EMA.

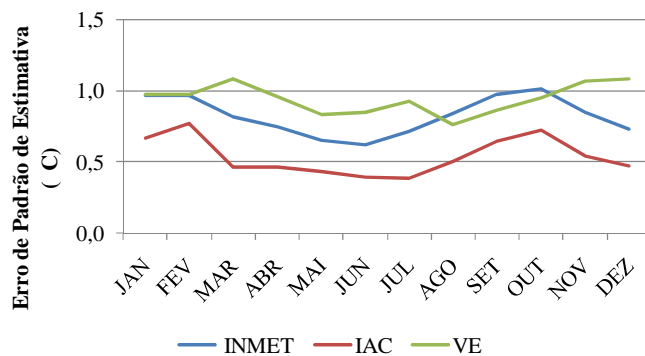
Interessante observar que apesar da formulação do INMET levar em conta quatro valores de temperatura enquanto a do IAC considera três temperaturas, a estimativa do IAC foi melhor do que a estimativa feita pelo método do INMET, apresentando menores erros. Como a metodologia dos valores extremos leva em conta duas temperaturas (máxima e mínima) era de se esperar que a sua estimativa fosse a que apresentasse os maiores erros, o que realmente foi verificado (Tabela 1 e Figura 2). Na Figura 2 estão representadas as variações dos resultados dos erros calculados (EP, EM e EPE) ao longo do ano. Nesta figura é possível observar que todas as metodologias estudadas superestimaram a temperatura média do ar.

Ainda na Figura 2 se verifica que de maneira geral os meses em que a metodologia de valores extremos apresentou os menores erros (maio a outubro) foram os meses em que as metodologias do IAC e do INMET apresentaram os maiores erros. Foi calculado o erro também com relação aos coeficientes de correlação encontrados, sendo estes iguais a 0,0161, 0,0194 e 0,0173 respectivamente para o INMET, IAC e VE em relação aos resultados encontrados pela EMA. Os resultados dos erros foram significativos a 1%, quando aplicado o teste t.

Tabela 1. Erro Percentual, Erro Médio e o Erro Padrão de Estimativa calculados para todos os meses de 2008, seguidos de suas respectivas médias

Mês	Erro Percentual (%)			Erro Médio (°C)			Erro Padrão de		
	INMET	IAC	VE	INMET	IAC	VE	INMET	IAC	VE
Janeiro	4,33	2,36	4,42	0,85	0,48	0,85	0,97	0,66	0,97
Fevereiro	4,40	2,81	4,37	0,89	0,57	0,87	0,96	0,77	0,97
Março	3,88	1,51	5,25	0,75	0,29	1,01	0,81	0,46	1,08
Abril	3,54	1,29	4,51	0,69	0,26	0,88	0,75	0,46	0,96
Maio	3,34	1,13	4,58	0,56	0,20	0,76	0,66	0,43	0,83
Junho	3,46	1,01	4,93	0,55	0,16	0,77	0,62	0,39	0,84
Julho	4,58	1,82	5,75	0,67	0,27	0,83	0,72	0,38	0,93
Agosto	4,73	2,01	3,90	0,81	0,33	0,66	0,84	0,50	0,76
Setembro	4,78	2,54	3,95	0,87	0,46	0,70	0,98	0,64	0,86
Outubro	4,35	2,12	4,17	0,91	0,45	0,83	1,01	0,72	0,95
Novembro	3,74	0,96	5,10	0,73	0,18	0,97	0,85	0,54	1,06
Dezembro	3,63	1,45	5,32	0,68	0,27	0,99	0,73	0,47	1,08
Média	4,06	1,75	4,69	0,75	0,33	0,84	0,82	0,54	0,94





Figuras 2. Erro Percentual, em %, Erro Médio e Erro Padrão de Estimativa, em °C, obtidos ao estimar a temperatura média do ar pelas metodologias do INMET, IAC e VE, quando comparadas com os valores obtidos pela metodologia empregada nas estações automáticas.

**CONCLUSÕES:** Todos os métodos avaliados - INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), IAC (Instituto Agrônomo de Campinas) e VE (Valores Extremos) - superestimaram a temperatura média do ar quando comparadas com os valores obtidos pela metodologia empregada nas estações automáticas (EMA), em Diamantina no ano de 2008. A metodologia utilizada pelo IAC foi a que apresentou os menores erros (EP, EM e EPE) dentre as metodologias estudadas, seguida da metodologia do INMET e por último pela de VE.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BRASIL. Atlas Climatológico do Brasil - Ministério da Agricultura, Era Verde? - Ecossistemas brasileiros ameaçados - Zysman Neiman - 18ª edição - Atual Editora.
- GIULIETTI, A.M., PIRANI, J.R., HARLEY, R.M. 1997. Espinhaço range region, eastern Brazil, in: S.D. Davis, V.H. Heywood, O. Herrera-MacBryde, J. Villa-Lobos, A.C. Hamilton: Centres of Plant Diversity: A Guide and Strategy for their Conservation. IUCN Publication Unity, v.3, Cambridge, p. 397-404.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P, C. **Agrometeorologia fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba – RS: Livraria e editora Agropecuária Ltda. 2002.
- TANNER, B.D. Automated weather stations. **Remote Sensing Reviews**, v. 5, n. 1, p. 73-98. 1990.