
VARIABILIDADE TEMPORAL DA TEMPERATURA DO AR EM JABOTICABAL – SP

GARCIA, Anice¹
ANDRE, Romisio Geraldo Bouhid²

Recebido em: 2014.09.30

Aprovado em: 2015.04.10

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.1443

RESUMO: Este estudo teve como objetivo analisar a variabilidade de temperatura e obter uma equação mensal de estimativa de temperatura média do ar a partir da análise das temperaturas (máxima, média e mínima), para Jaboticabal –SP. A análise dos elementos foi feita mensal, sazonal, anual e interanualmente. Os dados, referentes ao período de 1971 a 2013, foram coletados na Estação Agroclimatológica da Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Campus de Jaboticabal (Lat; 21°14'05"S; Long: 48°17'09"O; Alt: 616.01m). Sobre os dados foram aplicados métodos estatísticos (média, desvio padrão e coeficiente de variação). Foram, também, correlacionadas as médias mensais obtidas pelo método padrão (INMET) e pelo método das temperaturas extremas. Os resultados obtidos mostraram que os desvios das temperaturas (máximas, médias e mínimas) tiveram variações discretas com consequentes coeficientes de variação baixos para os elementos estudados. As equações obtidas entre as médias obtidas pelo padrão INMET e pela média das extremas, podem ser utilizadas para a micro região de Jaboticabal, com boa acurácia nos resultados obtidos.

Palavras-chave: Séries históricas. Clima. Falha de dados

SUMMARY: The study aimed to obtain a monthly average temperature equation estimated from the analysis of the variability of temperatures (maximum, average and minimum), to Jaboticabal /SP. The analysis of the parameters was made monthly, seasonal, annual and interannual. Data (1971-2013) were collected in a Agrometeorological Station of the Universidade Estadual Paulista (UNESP) at Jaboticabal Campus (Lat; 21°14'05"S; Long: 48°17'09"O; Alt: 616.01m). On the data were applied statistical methods (mean, standard deviation and coefficient of variation). Were also correlated the monthly averages obtained by the standard method (INMET) and by the method of extreme temperatures. The results showed that standard deviation of the temperatures had a slow variations with low coefficient of variation. The equations obtained between the mean values of standard INMET and the mean of the extreme, can be used for micro region of Jaboticabal with good accuracy in results.

Keywords: Historical data series. Climate. Data filling.

INTRODUÇÃO

A temperatura do ar é uns dos mais importantes elementos na caracterização do tempo e do clima de uma região. É, também, uma informação básica para o zoneamento climático de praticamente todas as culturas agrícolas. Diversos fatores estão amplamente ligados à temperatura de uma determinada região, por exemplo, quando uma escassez de chuvas acontece conjuntamente com a ocorrência de temperaturas elevadas, há de se esperar altas taxas de deficiência hídrica, o que influenciará negativamente a produção agrícola da região.

A distribuição espacial e temporal da temperatura do ar é fundamental para caracterizar o clima de uma região. Diversos estudos foram efetuados tomando-se como base a temperatura do ar, dentre esses o balanço de energia na superfície do solo, estudo de geadas, e a determinação da aptidão climática para diferentes culturas em uma dada região, visando ao zoneamento agrícola

¹ Prof.^a Dr.^a Faculdade Dr. Francisco Maeda- Fundação Educacional de Ituverava – FAFRAM/FE

² Departamento de C.Exatas- FCAV/UNESP - Jaboticabal –SP (aposentado). romisio.andre@hotmail.com

No caso da temperatura, alguns trabalhos foram feitos procurando sua correlação com a latitude e com a altitude. Dentre esses autores pode-se citar: Ferreira et al. (1971) estimaram as temperaturas médias mensais e anuais para o Estado do Rio Grande do Sul; Coelho et al. (1973), correlacionaram temperaturas médias mensais e anual para o Estado de Minas Gerais. Leite (1978), relacionaram temperaturas médias, máximas e mínimas, para o Estado do Maranhão; Pinto; Alfonsi (1976) estimaram as temperaturas médias, máximas e mínimas mensais para o Estado do Paraná; Buriol et al. (1974), Ferreira et al. (1974) e Braga et al. (1987), relacionaram temperaturas médias, máximas e mínimas com latitude, longitude e altitude para o Estado de Santa Catarina. Para Goiás, Luiz; Silva (1995) desenvolveram modelos de regressão linear múltipla para estimar as temperaturas decendiais máxima, mínima e média em função da latitude e altitude.

Lima; Ribeiro (1998) estimaram a temperatura do ar em função da latitude, altitude e longitude para o Estado do Piauí e, na Paraíba, Dantas, et al (2000), estimaram as temperaturas máximas e mínimas do ar, para Campina Grande.

No Estado de São Paulo, Pinto et al. (1972) estimaram as temperaturas médias mensais em função da altitude e latitude; Pedro Júnior et al. (1991) estimaram as temperaturas médias mensais das máximas e das mínimas, obtendo equações de regressão múltipla em função da altitude e latitude, e verificaram que, excetuando-se as regiões litorâneas e o Vale do Ribeira, essas equações são válidas. Garcia et al. (2002) analisaram o desempenho de algumas dessas equações para a região de Ituverava-SP.

O ajuste de modelos de regressão múltipla tem possibilitado estimar os valores médios mensais e anual das temperaturas mínima, média e máxima, em função da longitude, latitude e altitude. Esta metodologia é bastante prática e tem apresentado um grau aceitável de precisão.

O objetivo deste trabalho foi analisar a variabilidade das temperaturas (máxima, média e mínima), para Jaboticabal –SP, para o período de 1971 a 2013, permitindo a obtenção de uma equação mensal que estime a temperatura média a partir de valores de temperaturas extremas.

MATERIAL E MÉTODO

Para o presente estudo foram utilizados dados observados de temperaturas diárias máximas, mínimas e médias, de um período de 1971 a 2013 (43 anos) obtidos junto à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (UNESP) localizada na cidade de Jaboticabal - SP, cujas coordenadas geográficas são latitude: 21°14'05" S, longitude: 48°17'09" e altitude de 615 m.

Inicialmente foram calculadas a média (\bar{X}), o desvio padrão (s) e o coeficiente de variação (CV), com o conjunto de dados especificado acima.

Os cálculos foram feitos através das expressões:

Para a média,

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

Para o desvio padrão,

$$s = \frac{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2}}{n - 1} \quad (2)$$

Para o coeficiente de variação,

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100\% \quad (3)$$

Foram analisadas as temperaturas médias Máximas, mínimas e médias para o período de estudo, bem como o desvio padrão da média e o coeficiente de variação.

Utilizando-se o método para o cálculo da temperatura média recomendado pelo Instituto Nacional de Meteorologia- INMET (padrão Nacional), testou-se o método das Temperaturas Extremas, utilizando-se as seguintes equações:

$$TmI = (T_9 + T_{máx} + T_{mín} + 2T_{21})/5 \quad (4)$$

$$TmE = (T_{máx} + T_{mín})/2 \quad (5)$$

Em que:

TmI = Temperatura média do ar, pelo método do INMET;

TmE = Temperatura média do ar, pelo método das temperaturas extremas;

T₉ e T₂₁ = Temperatura do ar observados as 9 e 21 horas;

T_{máx} = Temperatura máxima observada no dia;

T_{mín} = Temperatura mínima observada no dia.

Para comparar os dois métodos foram realizadas análises de dispersão. As equações de regressão linear simples entre os dados de temperatura foram escolhidas com base no indicativo de acurácia e maior coeficiente de determinação utilizando-se planilhas eletrônicas.

Foi, também utilizado, como comparação, o erro médio percentual dos resultados, dado por:

$$Erro (\%) = \left(\frac{T_{média_{INMET}} - T_{média_{EXTREMAS}}}{T_{média_{INMET}}} \right) \cdot 100 \quad (6)$$

RESULTADO E DISCUSSÃO

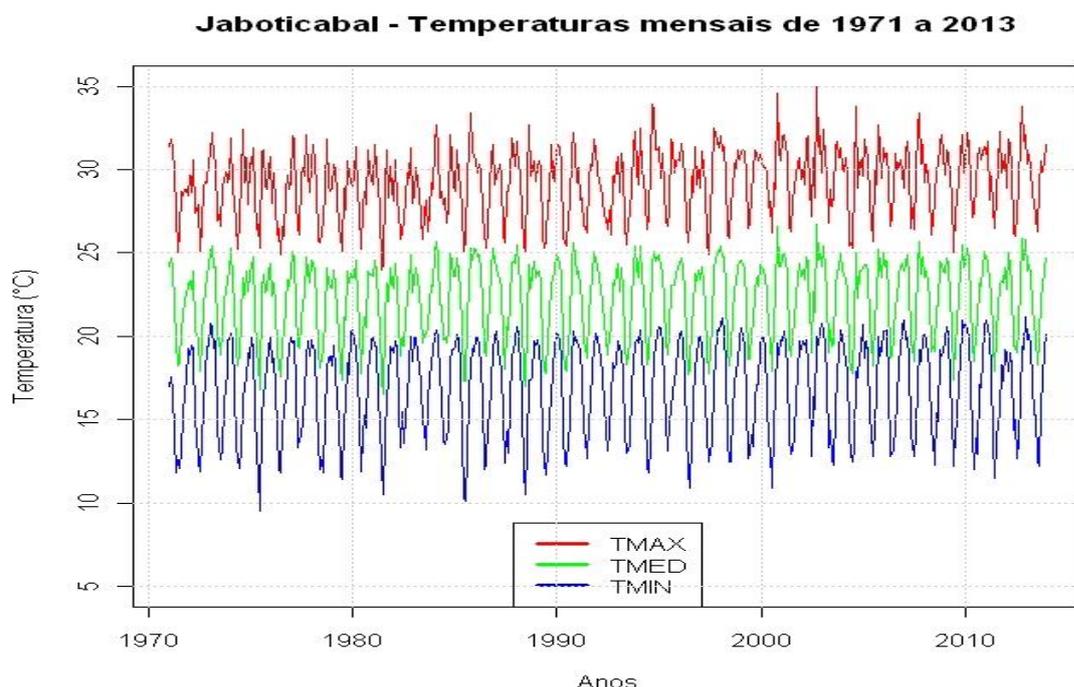
A figura 01 mostra as séries temporais das temperaturas máximas, mínimas e médias para Jaboticabal, no período 1971-2013.

Por esta figura nota-se que os dados levantados para estudo constituem uma série homogênea ou seja, não há descontinuidade no comportamento dos dados.

Os valores de temperatura mínima oscilaram, no período, de 9,5°C (julho/1975) a 21,2°C (dezembro/2012), no caso das temperaturas máximas, a oscilação foi de 24°C (junho/1981) a 35°C (outubro/2002) e para temperaturas médias a oscilação foi de 16,5°C (julho/1981) a 26,7°C (outubro/2002).

Os valores das temperaturas máximas médias mensais, mínimas mensais, médias mensais, o desvio padrão e coeficiente de variação estão apresentados na Tabela 2.

Figura 1. Série temporal das temperaturas máximas mínimas e médias mensais para a região de Jaboticabal, SP (1971-2013).



Observa-se nesta tabela, os valores médios das temperaturas máximas, mínimas e médias dos 43 anos registrados de cada um dos meses do ano. O desvio padrão da temperatura máxima variou de 0,8 a 2,0, com coeficiente de variação de 3,0% a 6,5% considerados valores baixos para este elemento meteorológico. Em relação às temperaturas máximas, os valores mostraram que o mês de outubro é o mês mais quente, com temperaturas médias máxima de 30,9°C, com um desvio padrão de 1,0 e um coeficiente de variação de 5,5%. Para essa variável, o mês com menor temperatura máxima foi o mês de junho (26,4°C) o qual apresentou um desvio padrão de 1,1 e coeficiente de variação de 4,1%

A temperatura mínima mostrou valores de desvio padrão e coeficiente de variação um pouco mais elevados, variando de 0,7 a 1,2 para s e de 3,4% a 9,6% para CV. Sobre às temperaturas mínimas, observa-se que o mês de janeiro foi o que apresentou maiores valores dessa variável (19,9°C) com um desvio padrão de 0,8 e um coeficiente de variação de 3,8%. O mês mais frio em relação às temperaturas mínimas foi o mês de julho (12,6°C) com um desvio padrão de 1,2 e um coeficiente de variação de 9,6%.

Tabela 2. Temperaturas Máximas médias ($T_{\text{máx}}$), Temperaturas Mínimas médias (T_{min}), Temperaturas Médias (T_m), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) para temperaturas ocorridas de 1971-2013, em Jaboticabal – SP.

(Continua)

Mês	$T_{\text{máx}}$ (°C)	s	CV (%)	T_{min} (°C)	s	CV (%)	T_m (°C)	s	CV (%)
1	30,1	1,0	3,4	19,9	0,8	3,8	24,1	0,7	2,8
2	30,8	1,2	3,7	19,8	0,7	3,5	24,3	0,7	3,0
3	30,5	1,0	3,2	19,3	0,7	3,4	24,0	0,6	2,5
4	29,3	1,0	3,3	17,3	1,1	6,5	22,5	0,9	3,9
5	26,9	0,8	3,0	14,4	1,1	7,7	19,8	0,8	4,3
6	26,4	1,1	4,1	13,0	1,1	8,8	18,8	0,9	4,9

Tabela 2. Temperaturas Máximas médias ($T_{m\acute{a}x}$), Temperaturas Mínicas médias ($T_{m\acute{i}n}$), Temperaturas Médias (T_m), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) para temperaturas ocorridas de 1971-2013, em Jaboticabal – SP.

(Conclusão)

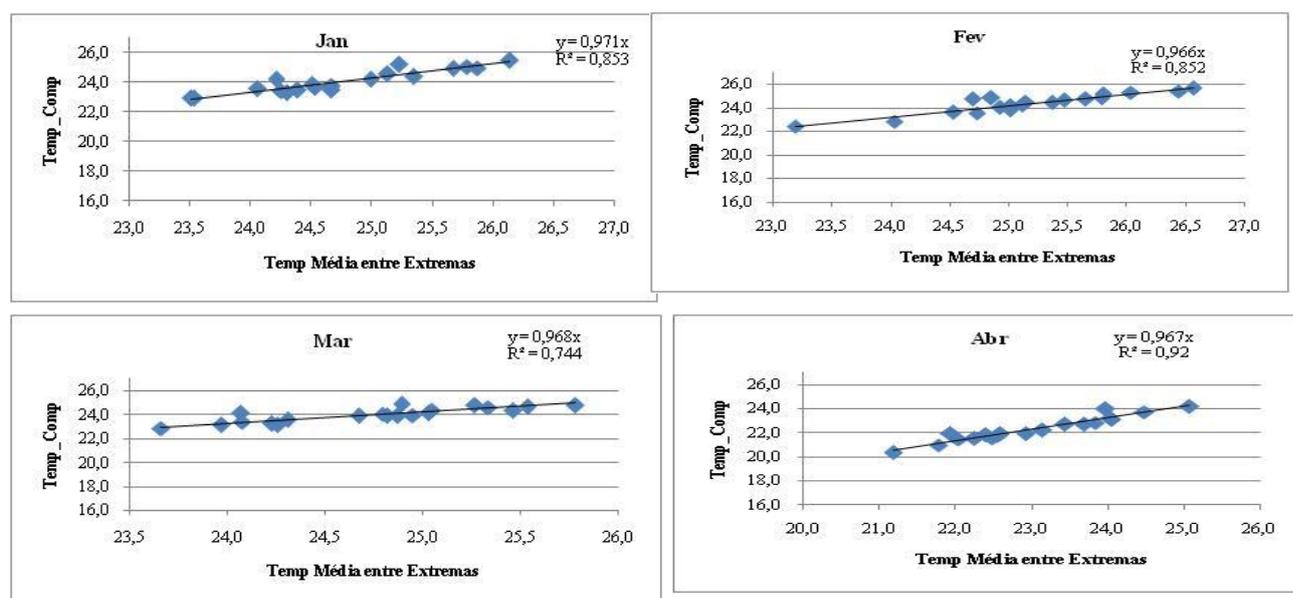
Mês	$T_{m\acute{a}x}$ (°C)	s	CV (%)	$T_{m\acute{i}n}$ (°C)	s	CV (%)	T_m (°C)	s	CV (%)
7	26,9	1,3	4,9	12,6	1,2	9,6	18,9	1,1	5,8
8	29,0	1,3	4,5	14,1	1,0	7,2	20,8	0,9	4,3
9	29,9	2,0	6,5	16,1	0,8	5,1	22,3	1,2	5,4
10	30,9	1,7	5,5	18,0	0,9	5,0	23,8	1,2	4,9
11	30,6	1,0	3,2	18,8	0,9	4,7	24,0	0,8	3,2
12	30,1	1,1	3,6	19,6	0,6	3,1	24,1	0,7	3,0

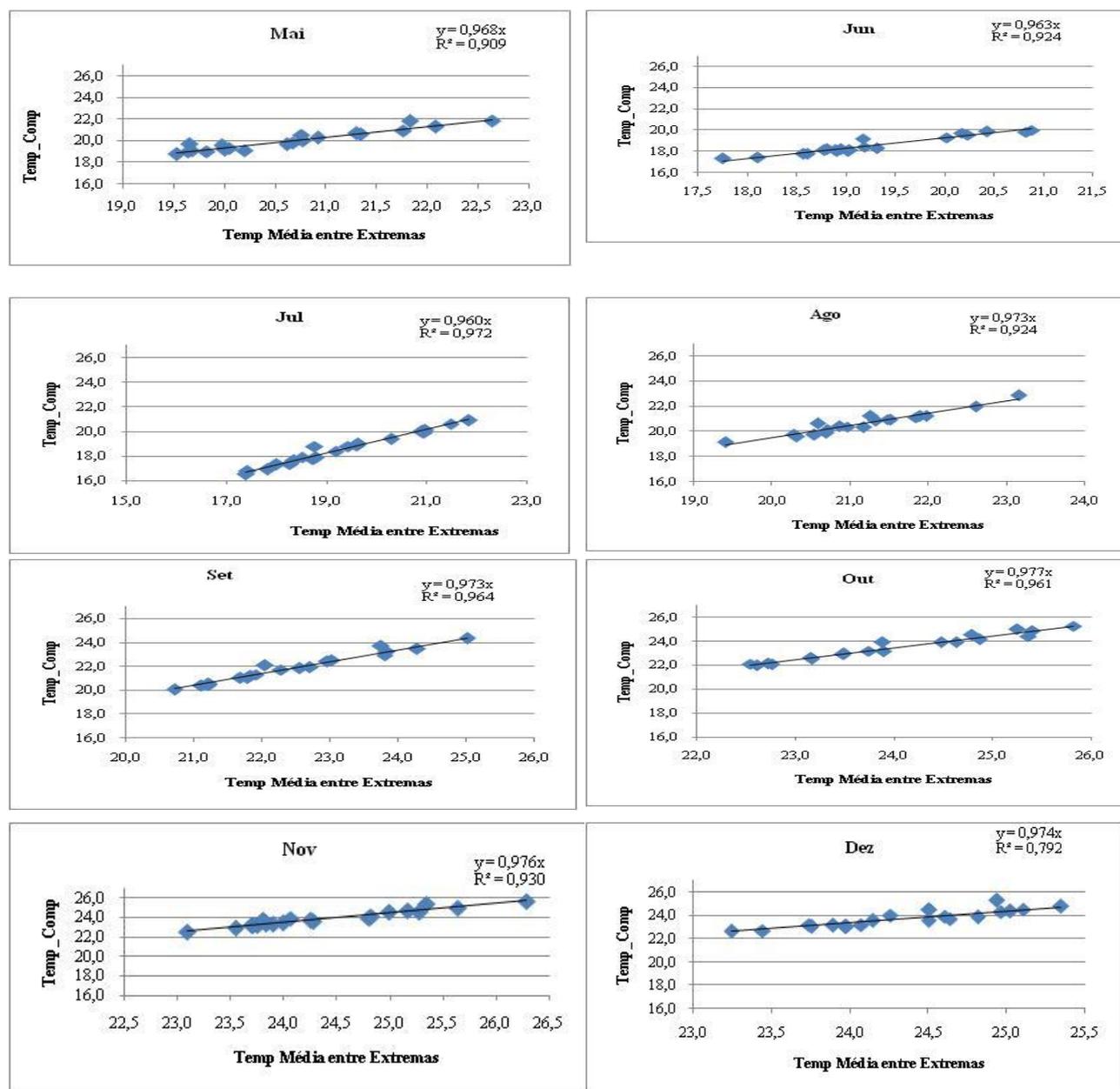
Quanto a temperatura média os valores de s ficaram entre 0,7 e 1,2 e CV entre 2,8% e 5,4% respectivamente. Os valores obtidos para as temperaturas médias oscilaram, no período, de 16,5°C (julho/1981) a 26,7°C (outubro/2002).

Observa-se, na Figura 2, os gráficos que representam a análise de regressão linear entre o método de Temperatura Compensada (padrão INMET) em relação ao método da média entre Extremas, para cada mês do ano, considerando-se os 20 primeiros anos da série (1971-1990).

A curva ajustada obtida foi uma regressão linear onde pode-se observar que os dois métodos apresentam uma boa correlação entre si, sendo o menor coeficiente de correlação 0,74 (março) e o maior 0,97 (julho).

Figura 2. Regressão linear entre temperaturas médias obtidas pelo método do INMET versus temperaturas médias obtidas pelo método de extremas, para cada mês do ano.





Observa-se que as médias obtidas pelo método de extremas foram sempre superiores que as médias determinadas pelo método padrão. O método de extremas superestimou as temperaturas em cerca de 3%, sendo a maior diferença nos meses de inverno, os quais ultrapassaram os 4% de diferença.

Na Tabela 3 são apresentados os valores das médias mensais (°C) das temperaturas obtidas pelo método do INMET e das temperaturas obtidas pelo método de extremas. São apresentados também os erros médios percentuais para cada mês obtidos através da seguinte equação (6).

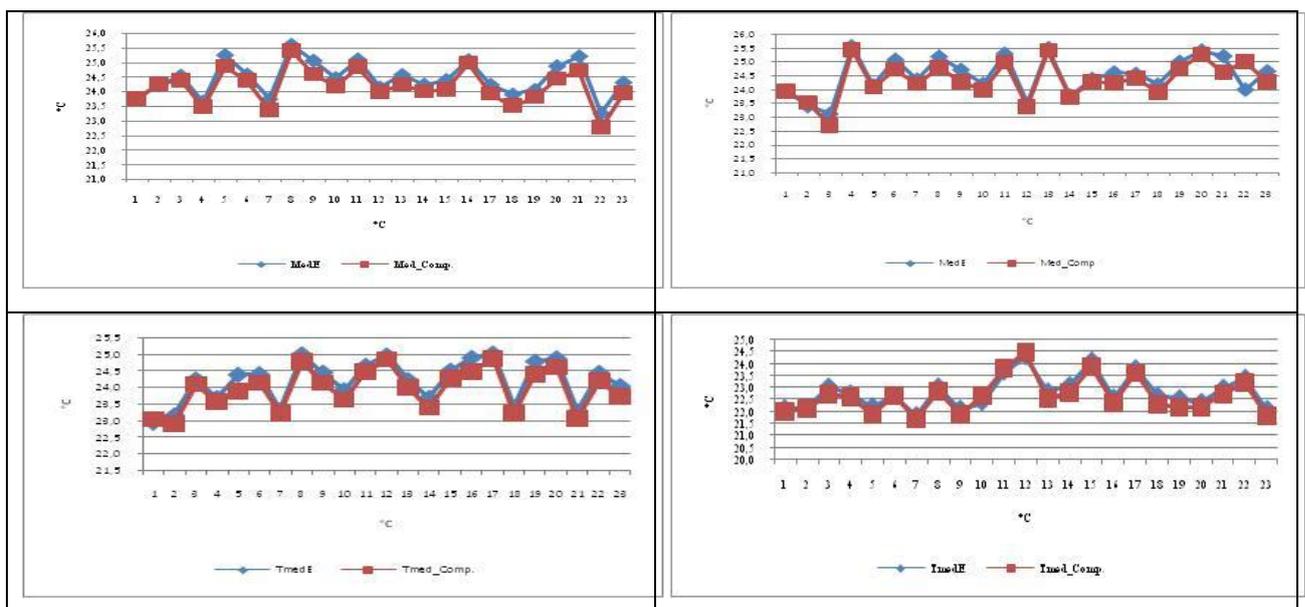
Tabela 3. Temperaturas obtidas pelo método da Temperatura Compensada (padrão INMET), pelo método de médias entre Extremas e o Erro percentual para cada mês

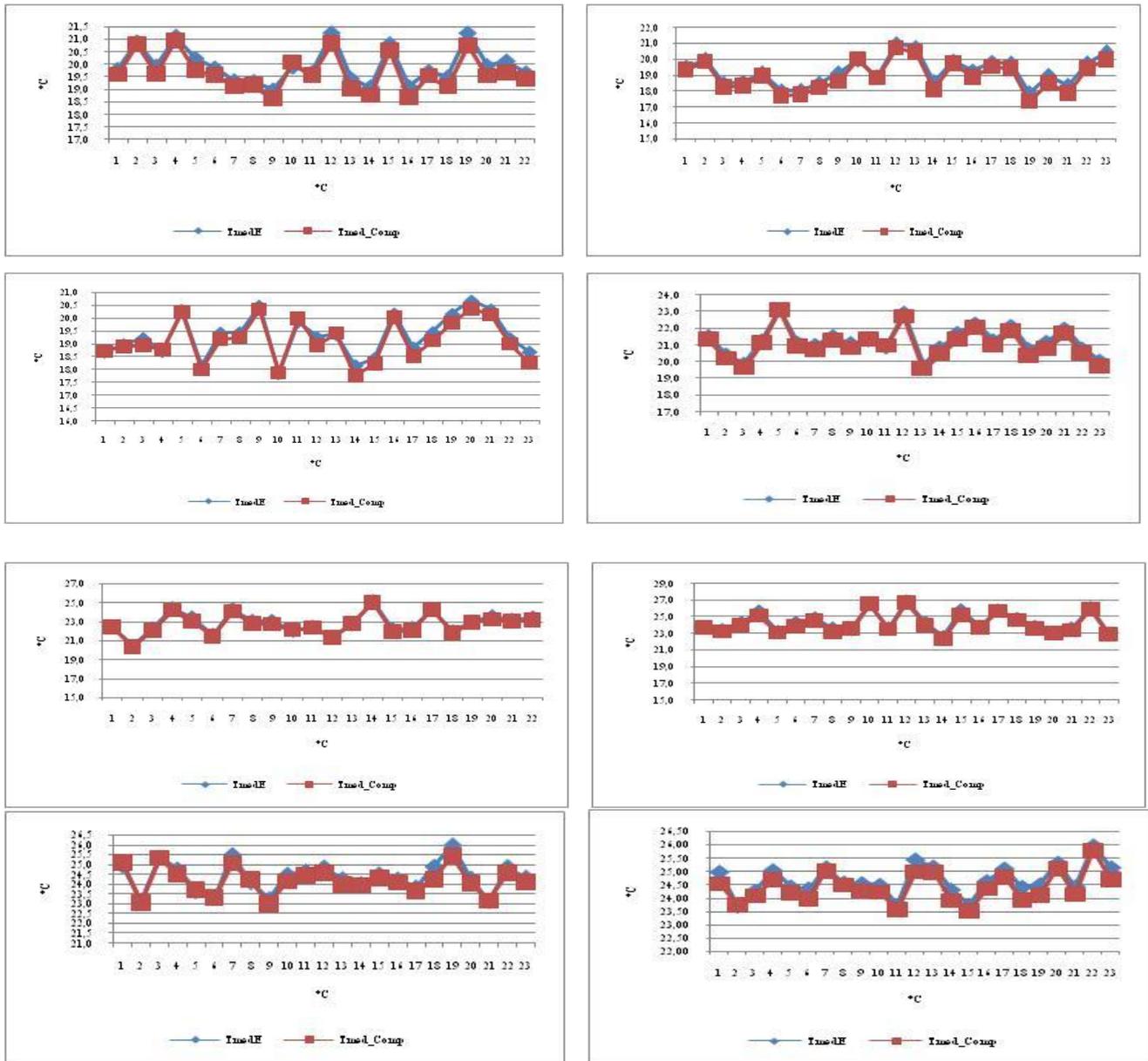
Mês	Tmédias		
	INMET	Extremas	Erro (%)
Janeiro	24,1	25,0	-3,6
Fevereiro	24,3	25,3	-3,9
Março	24,0	24,9	-3,8
Abril	22,5	23,3	-3,7
Maio	19,8	20,7	-4,1
Junho	18,8	19,7	-4,7
Julho	18,9	19,7	-4,6
Agosto	20,8	21,5	-3,4
Setembro	22,3	23,0	-3,2
Outubro	23,8	24,5	-2,8
Novembro	24,0	24,7	-2,8
Dezembro	24,1	24,9	-3,2
Ano	22,3	23,1	-3,6

Com os 22 anos subsequentes fez-se a validação das equações obtidas, pelas regressões entre a Temperatura Compensada (padrão INMET) e aquelas estimadas pelas equações mensais.

Na figura 3 são apresentados os gráficos comparativos entre as temperaturas médias obtidas pelo método de temperaturas compensadas (padrão INMET) e as obtidas pelas equações geradas no modelo.

Figura 3. Comparação de valores de temperaturas médias obtidas pelo método padrão(INMET) e pelas equações geradas pelo método de extremas, para cada mês do ano.





Pode-se observar que para todos os meses do ano, houve boa coincidência de valores mostrando que o método é um bom indicativo de cálculo das temperaturas médias da região, fato esse corroborado com os dados de os coeficientes de determinação apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Coeficientes de determinação para validação das equações mensais, utilizando-se 22 anos de dados, para Jaboticabal, SP..

mes	R ²	mes	R ²
Jan	0,943	Jul	0,962
Fev	0,814	Ago	0,978
mar	0,965	Set	0,986
abril	0,945	Out	0,980
Maio	0,955	Nov	0,941
Jun	0,976	dez	0,946

Observa-se que em todos os meses, a validação das equações apresentou altos coeficientes de determinação, sendo consideradas significativas e com um nível de predição satisfatório para temperaturas médias, a partir de dados de temperaturas máximas e mínimas. Além disso, tal modelo pode ser usado para preenchimento de falhas de dados.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos conclui-se que:

As séries temporais da temperatura máxima, mínima e temperatura média do ar mostram um comportamento homogêneo com o decorrer dos anos.

O desvio padrão da temperatura máxima variou de 0,8 a 2,0, com CV de 3,0% a 6,5%. A temperatura mínima mostrou valores de desvio padrão e coeficiente de variação mais elevados, variando de 0,7 a 1,2 para s e de 3,4% a 9,6% para CV. Quanto a temperatura média os valores de s ficaram entre 0,7 e 1,2 e CV entre 2,8% e 5,4% respectivamente.

As temperaturas calculadas pelo método de Extremas (médias entre máximas e mínimas) e corrigidas pelas equações obtidas no presente trabalho, aproximam-se muito da temperatura obtida pelo padrão INMET, com coeficientes de determinação entre 0,81 e 0,97.

Os resultados obtidos por meio da validação dos dados de temperatura indicaram que as estimativas de temperaturas máximas, mínimas e médias através da média entre máximas e mínimas com posterior correção pelas equações obtidas nesse trabalho, é uma alternativa eficiente na aquisição das temperaturas para a micro região de Jaboticabal, com boa acurácia nos resultados obtidos, podendo ser utilizado para previsão de valores, bem como para utilização no preenchimento de falhas de dados.

REFERÊNCIAS

- BRAGA, H.J., SILVA, L.M. da, KICHEL, N. Normais de temperaturas máximas, médias e mínimas estimadas em função das latitudes, longitude e altitude para os 199 municípios catarinenses. Florianópolis **Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária**, 1987. 44 p. (EMPASC, Documentos, 86).
- BURIOL, G.A., FERREIRA, M., ESTEFANEL, V., et al. Estimativa das médias das temperaturas máximas mensais e anuais do Estado de Santa Catarina. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 4, n. 3, p. 81-102, 1974.
- COELHO, D.T., SEDIYAMA, G., VIEIRA, M. Estimativa das temperaturas médias mensais e anuais no Estado de Minas Gerais. **Rev. Ceres**, v.20, n.112, p.455-459, 1973.
- DANTAS, R.T. et al. Estimativas das temperaturas máxima e mínima do ar em Campina grande – PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, XI, 2000, Rio de Janeiro. **Cd-Room...**, Rio de Janeiro, 2000. p. 534-537.
- FERREIRA, M. et al. Estimativa das temperaturas médias mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. **Rev. Centro Ciências Rurais**, Santa Maria, v.1, n.4, p.21-52, 1971.
- FERREIRA, M. et al. Estimativa das temperaturas médias mensais e anuais do Estado de Santa Catarina. **Rev. Centro Ciências Rurais**, Santa Maria, v.4, n.1, p.19-38, 1974.
- GARCIA, A., ANDRÉ, R.G.B., CARRER, T.T. Desempenho de equações de estimativa da temperatura do ar para a região de Ituverava-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12, 2002, Foz de Iguaçu - PR, **Anais...** Foz de Iguaçu, 2002. P.126-131.

LEITE, A. de C. Normais de temperaturas máximas, médias e mínimas estimadas em função das latitudes, longitude e altitude para o Estado do Maranhão. São Luís : **Empresa Maranhense de Pesquisa Agropecuária**, 1978. 18 p. (EMAPA, Boletim Técnico, 1).

LIMA, M.G., RIBEIRO, V.Q. Equações de estimativa da temperatura do ar para o Estado do Piauí. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 221-227, 1998.

LUIZ, A.J.B., SILVA, F.A.M. Temperaturas decendiais máxima, mínima e média, como função da latitude e altitude, em Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9, 1995, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, 1995. p.234-235.

PEDRO JÚNIOR, M.J.et al.**Estimativa das temperaturas médias mensais das máximas e das mínimas para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1991. 11p. (Boletim Técnico, 142).

PINTO, H.S., ALFONSI, R.R. **Estimativas das temperaturas médias, máximas e mínimas no Estado do Paraná em função de altitude e latitude**. Brasília: DNM, 1976. 46p. (Boletim Técnico, 11).

PINTO, H.S., ORTOLANI, A.A., ALFONSI, R.R. **Estimativa das temperaturas médias mensais do Estado de São Paulo em função de altitude e latitude**. São Paulo: IG/USP, 1972. 20p. (Ciências da Terra, Caderno 23).