

**ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ET_o)
UTILIZANDO DIFERENTES METODOLOGIAS NO CÁLCULO DA
TEMPERATURA MÉDIA DO AR**

M. G. SILVA¹, E. R. F. LEDO², E. P. MIRANDA³, G. S. MARTINS⁴, F. F. CARMO⁵

RESUMO: Este trabalho teve por objetivo avaliar quais as melhores metodologias no cálculo da temperatura média diária do ar, para serem utilizadas na estimativa da Evapotranspiração de Referência por Penman-Monteith FAO 56, no município de Jaguaruana-CE. Os resultados foram analisados por meio de regressões lineares simples, erro padrão de estimativa (EPE), porcentagem (%), índice de concordância (d) e pelo índice de confiança ou desempenho (c). As quatro metodologias utilizadas no cálculo da temperatura média do ar para estimar a evapotranspiração de referência apresentaram coeficientes de desempenho “c” maior ou igual a 0,95 e índice de concordância “d” igual aos valores de “c”, classificadas como ótimo. Qualquer uma das metodologias pode ser utilizada para estimar a evapotranspiração de referência.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração, irrigação, temperatura média.

**ESTIMATION OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION (ET_o) USING
DIFFERENT METHODOLOGIES IN CALCULATING THE AVERAGE AIR
TEMPERATURE**

ABSTRACT: This study aimed to evaluate what the best methodologies in calculating the daily average air temperature to be used in estimating the reference evapotranspiration by Penman-Monteith FAO 56, the city of Jaguaruana-CE. The results were analyzed using linear regressions, standard error of estimate (SEE), percentage (%) index of agreement (d) and the index of confidence or performance (c). The four methodologies used to calculation of average air temperature to estimate the reference evapotranspiration showed coefficient of performance "c" greater than or equal to 0.95 and index of agreement "d" equal to the values

¹ Aluno do Curso Superior Tecnologia em Irrigação e Drenagem – IFCE Campus Iguatu, Rodovia Iguatu/Várzea Alegre, Km 05 – Iguatu – CE, Fone (0xx88) 92517425, e-mail: mairtong@hotmail.com

² Aluno do Curso Superior Tecnologia em Irrigação e Drenagem – IFCE Campus Iguatu, e-mail: eder_ramon@hotmail.com

³ Prof. Msc. do IFCE – Campus Iguatu, e-mail: eu.paceli@yahoo.com.br

⁴ Prof. Msc. do IFCE – Campus Iguatu

⁵ Aluno do Curso Superior Tecnologia em Irrigação e Drenagem – IFCE Campus Iguatu, e-mail: lucas_carius@yahoo.com.br; cleitontid@hotmail.com

of "c", classified as excellent. Either methodology can be used to estimate reference evapotranspiration.

KEYWORDS: Evapotranspiration, irrigation, mean temperature.

INTRODUÇÃO

O conhecimento das variáveis meteorológicas é importante nos estudos relacionados ao desempenho das culturas agrícolas, sendo a temperatura do ar é a que mais interfere nos processos fisiológicos que ocorrem nas plantas (ANTONINI et al., 2009). A temperatura influencia, principalmente, a velocidade das reações químicas e os processos internos de translocação de assimilados (PEREIRA et al., 2002; BENAVIDES et al., 2007).

A verificação da confiabilidade de métodos utilizados para estimar a temperatura média do ar é importante, visto que valores de temperatura são frequentemente utilizados para avaliar efeitos positivos ou negativos em atividades agrícolas como produção agropecuária, irrigação, zoneamentos agroclimáticos, estudos de mudança climática, entre outras (JERSZURKI & SOUZA, 2010).

A principal equação utilizada na estimativa da temperatura média do ar é o método elaborado por SERRA (1974) e utilizado pelo INMET. Seu desvio médio, em relação à média de 24 observações de temperatura ao longo das horas do dia foi de $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, o que foi considerado satisfatório na época, quando comparada com a fórmula de Kämzt (NECHET & PRESTE, 1998).

Este trabalho teve por objetivo avaliar quais as melhores metodologias no cálculo da temperatura média diária do ar, para serem utilizadas na estimativa da evapotranspiração de referência por Penman-Monteith FAO 56, no município de Jaguaruana no Estado do Ceará.

MATERIAL E MÉTODOS

Os elementos climáticos utilizados neste trabalho foram obtidos da Estação Automática de Jaguaruana-CE localizada a latitude de $4^{\circ} 50' \text{ S}$, longitude $37^{\circ} 47' \text{ W}$ e altitude 12,15 m, pertencente à rede de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A área de estudo segundo a classificação climática de Köppen apresenta clima tropical semiárido quente com chuvas de janeiro a abril.

Foram obtidos dados horários de radiação solar global, umidade relativa do ar, temperatura do ar, velocidade do vento, totalizando 24 leituras por dia para cada variável, sendo o período de coleta dos dados de janeiro a dezembro de 2008. Em seguida, através de planilhas eletrônicas, os dados foram armazenados em escala diária.

Para o cálculo da temperatura média mensal foram utilizadas as médias das temperaturas diárias obtidas por cada uma das metodologias: a primeira, considerada padrão, obtida através da média da temperatura máxima e mínima do dia, equação proposta pela FAO (Equação 1); a segunda, equação proposta pelo INMET (Equação 2); a terceira, a equação proposta pelo Serviço Meteorológico do Estado de São Paulo (Equação 3), a quarta, equação da média das 8 observações horárias, a cada três horas (Equação 4), descrito por WEISS & HAYS (2005) e finalmente a quinta equação, média aritmética das 24 observações horárias (Equação 5), descrito por WEISS & HAYS (2005).

$$T1(méd) = \frac{T_{máx} + T_{mín}}{2} \quad (1)$$

$$T2(méd) = \frac{Ta^{9h} + T_{máx} + T_{mín} + 2 \cdot Ta^{21h}}{5} \quad (2)$$

$$T3(méd) = \frac{Ta^{7h} + Ta^{14h} + 2 \cdot Ta^{21h}}{4} \quad (3)$$

$$T4(méd) = \frac{\sum_{i=1}^8 T3i}{8} \quad (4)$$

$$T5(méd) = \frac{\sum_{i=1}^{24} Ti}{24} \quad (5)$$

em que:

T1(méd), T2(méd), T3(méd), T4(méd) e T5(méd) - temperatura média do ar (°C); T_{máx} - temperatura máxima do ar do dia (°C); T_{mín} - temperatura mínima do ar do dia (°C); Ta^{9h} e Ta^{21h} - temperatura do ar observada às 9 e às 21 horas, respectivamente (°C); Ta^{7h}, Ta^{14h} e Ta^{21h} - temperatura do ar às 07, 14 e às 21 horas, respectivamente (°C).

Para estimar a evapotranspiração de referência diária utilizou-se o modelo de Penman-Monteith descrito em ALLEN et al. (1998):

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_m + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 \cdot u_2)} \quad (6)$$

em que:

ET_o - evapotranspiração de referência, mm dia^{-1} ; R_n - radiação líquida total do gramado, $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$; G - densidade do fluxo de calor no solo, $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$; T_m - temperatura média diária do ar a 2 m de altura, $^{\circ}\text{C}$; u_2 - velocidade do vento média diária a 2 m de altura, m s^{-1} ; e_s - pressão de saturação de vapor médio diário, kPa; e_a - pressão atual de vapor médio diário, kPa; $e_s - e_a$ - déficit de saturação de vapor médio diário, kPa; Δ - declividade da curva de pressão de vapor no ponto de T_m , $\text{kPa.}^{\circ}\text{C}^{-1}$; γ - coeficiente psicrométrico, $\text{kPa.}^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Os resultados foram analisados por meio de regressões lineares simples, erro padrão de estimativa (EPE), porcentagem (%), índice de concordância (d) e pelo índice de confiança ou desempenho (c) de CAMARGO & SENTELHAS (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme (Tabela 1), verificam-se os indicadores estatísticos da correlação entre a evapotranspiração de referência (PM-FAO 56) utilizando temperatura média do ar padrão e evapotranspiração de referência utilizando diferentes metodologias para o cálculo da temperatura média do ar.

Tabela 1: Indicadores estatísticos da evapotranspiração de referência (ET_o) utilizando diferentes metodologias no cálculo da temperatura média do ar para Jaguaruana-CE.

Metodologias	%	EPE	r	d	c	Desempenho
T2(INMET)	94,55	0,35	0,999	0,95	0,95	Ótimo
T3(SMESP)	95,46	0,30	0,998	0,96	0,96	Ótimo
T4(méd.)	95,41	0,29	0,999	0,97	0,97	Ótimo
T5(méd.)	95,50	0,28	0,999	0,97	0,97	Ótimo

As quatro metodologias empregadas para o cálculo da temperatura média do ar utilizadas para a estimativa de ET_o apresentaram desempenho ótimo, segundo CAMARGO & SENTELHAS (1997). Observam-se pequenas diferenças entre as equações. Resultado semelhante foi encontrado por BORGES (2004) que estimou a evapotranspiração de referência para o município de Paraipaba-CE. Entretanto as equações quatro e cinco, descritas por WEISS & HAYS (2005), apresentaram indicadores ligeiramente melhores que as demais.

JERSZURKI & SOUZA (2010) estimaram a temperatura média diária do ar em distintas regiões brasileiras empregando métodos alternativos, sendo adotado como padrão o método do INMET, e concluíram que o método do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC)

estima melhor a temperatura média diária do ar que o método dos Extremos (temperatura máxima e mínima), para o período anual e estações do ano das localidades estudadas.

Os maiores valores de ET_0 padrão ocorrem nos meses de outubro e novembro, ultrapassando dos 7 mm dia⁻¹, já a os menores valores de ET_0 padrão ocorrem nos meses de março a julho, ultrapassando pouco mais de 4 mm dia⁻¹. Para a ET_0 estimada com as quatro metodologias da temperatura média do ar, apenas o mês de outubro apresenta ET_0 acima de 7 mm dia⁻¹, para os menores valores de ET_0 ocorrem de março a agosto, valores abaixo de 5 mm dia⁻¹ (Tabela 2).

Tabela 2: Evapotranspiração de referência mensal (mm dia⁻¹) estimada utilizando diferentes metodologias no cálculo da temperatura média do ar.

Mês	ET_0 (PM)	ET_0 (T2)	ET_0 (T3)	ET_0 (T4)	ET_0 (T5)
Jan	5,81	5,46	5,51	5,51	5,52
Fev	6,00	5,65	5,73	5,71	5,72
Mar	4,23	4,07	4,11	4,07	4,07
Abr	4,14	4,00	4,01	4,01	4,01
Mai	4,48	4,32	4,35	4,34	4,34
Jun	4,38	4,22	4,27	4,24	4,25
Jul	4,50	4,31	4,38	4,33	4,34
Ago	5,20	4,88	4,95	4,92	4,92
Set	6,66	6,16	6,23	6,27	6,28
Out	7,83	7,29	7,34	7,40	7,41
Nov	7,36	6,89	6,95	6,99	6,98
Dez	6,42	6,02	6,07	6,10	6,10

CONCLUSÕES

Conforme as condições climáticas do município de Jaguaruana-CE, qualquer uma das metodologias utilizadas no cálculo da temperatura média do ar pode ser empregadas para estimar a evapotranspiração de referência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ANTONINI, J. C. A.; SILVA, E. M.; OLIVEIRA, L. F. C.; SANO, E. E. Modelo matemático para estimativa da temperatura média diária do ar no Estado de Goiás. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v .44, n. 4, p. 331-338, abr. 2009.

BENAVIDES, R.; MONTES, F.; RUBIO, A.; OSORO, K. Geostatistical modelling of air temperature in a mountainous region of Northern Spain. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.146, p.173-188, 2007.

BORGES, R. L. M. Evapotranspiração de referência utilizando diferentes metodologias para o cálculo da radiação solar global, da temperatura e da umidade relativa do ar. Fortaleza, 2004. 60p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Agrícola.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

GALVANI, E.; KLOSOWSKI, E. S.; ESCOBEDO, J. F.; CUNHA, A. R. Modelo de estimativa de temperatura mínima do ar para a região de Maringá - PR. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.8, p.105-110, 2000.

JERSZURKI, D.; SOUZA, J. L. M. Estimativa da temperatura média diária do ar em distintas regiões brasileiras empregando métodos alternativos. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 11, n. 5, p. 407-416, Sept./Oct. 2010.

WEISS, A.; HAYS, C. J. Calculating daily mean air temperatures by different methods: implications from a non-linear algorithm. *Agricultural and Forest Meteorology*. v. 128, p. 57–65, 2005.

NECHET, D.; PRESTE, A. C. Comparação de médias diárias e mensais de temperatura do ar obtidos por vários métodos. In: CONGRESSO DA FEDERAÇÃO LATINO-AMERICANA E IBÉRICA DE SOCIEDADE DE METEOROLOGIA, 8., CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10., 1998, Brasília. Anais... Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

REICHARDT, K; TIMM, L. C. Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações. Barueri: Manole, 2004. 478 p.

SERRA, A. Climatologia do Brasil. *Boletim Geográfico*, v. 33, n. 243, p. 53-119, 1974.