

# ESTIMATIVA DA $ET_0$ MENSAL PADRÃO PENMAN-MONTEITH FAO 56 A PARTIR DE DADOS DE $T_x$ E $T_n$ , NA MESORREGIÃO NORTE CEARENSE

JOAQUIM B. DE OLIVEIRA<sup>1</sup>, MAIRTON G. DA SILVA<sup>2</sup>, ALEXSANDRA D. DE OLIVEIRA<sup>3</sup>, POLLYANA P. BRASIL<sup>2</sup>

1 Prof. M. Sc. IFCE Campus Iguatu, (88) 3582 1000 R. 220, joaquimbranco@ifce.edu.br.

2 Aluno do Curso Superior Tecnologia em Irrigação e Drenagem – IFCE Campus Iguatu.

3 Pesquisadora, Embrapa Cerrados, Planaltina-DF.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - 18 a 21 de Julho de 2011 - SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

**RESUMO:** Este trabalho teve por objetivo estimar a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) padrão Penman-Monteith FAO 56, a partir de dados de temperatura máxima ( $T_x$ ) e mínima ( $T_n$ ) mensais, utilizando diferentes velocidades do vento já fixadas para Guaramiranga-CE. A estimativa da  $ET_0$  a partir das temperaturas máxima e mínima do ar foi realizada por meio de uma planilha eletrônica, onde para a velocidade do vento utilizou-se valores fixos de 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 e 5  $m s^{-1}$ . Os resultados foram analisados por meio de regressão linear, erro-padrão de estimativa, porcentagem, teste de Willmont e pelo coeficiente de desempenho. Conforme as condições climáticas da região em estudo, o melhor desempenho encontrado com o método de Penman-Monteith FAO 56 foi o que utilizou a velocidade do vento fixa de 1  $m s^{-1}$ , com coeficiente de determinação de 0,70, EPE de 0,42 e concordância de 0,85, classificado como bom, a utilização da velocidade de 1,5  $m s^{-1}$  no método de PM-FAO 56 também apresentou desempenho bom, a partir da velocidade de 2  $m s^{-1}$  ocorreu diminuição na precisão da estimativa da  $ET_0$ .

**PALAVRAS-CHAVE:** Coeficiente de desempenho, elementos climáticos, evapotranspiração.

## ESTIMATED MONTHLY STANDARD $ET_0$ PENMAN-MONTEITH FAO 56 FROM DATA $T_x$ AND $T_n$ , IN NORTH MESOREGION CEARÁ

**ABSTRACT:** This study aimed to estimate the reference evapotranspiration ( $ET_0$ ) standard Penman-Monteith FAO 56, from data of maximum temperature ( $T_x$ ) and minimum ( $T_n$ ) a month, using different wind speeds already determined for Guaramiranga-CE. The estimation of  $ET_0$  from the maximum and minimum temperatures of the air was performed using a spreadsheet in Excel, where for the wind speed was used fixed values of 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 5 and 4.5  $m s^{-1}$ . The results were analyzed using linear regression, standard error of estimation, percent, Willmont test and the coefficient of performance. As the climatic conditions of the study area, the best performance found with the Penman-Monteith FAO 56 was the one using the wind speed of 1  $m s^{-1}$ , with a determination coefficient of 0,70, SEE of 0.42, and concordance of 0.85, classified as good, using the speed of 1.5  $m s^{-1}$  in the Penman-Monteith FAO 56 also showed good performance, from the speed of 2  $m s^{-1}$  was decreased the accuracy of the estimate of  $ET_0$ .

**KEYWORDS:** Coefficient of performance, weather elements, evapotranspiration

**INTRODUÇÃO:** O conhecimento sobre o consumo hídrico das culturas, obtido com base na estimativa da evapotranspiração, constitui uma informação preciosa no manejo da água em

qualquer região do planeta, principalmente agora em que ocorre forte conscientização popular em relação aos recursos hídricos, em referência a décadas anteriores (CAMPOS et al., 2008). A estimativa adequada da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) consiste no principal parâmetro a ser considerado no dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação, uma vez que ela totaliza a quantidade de água utilizada nos processos de evaporação e transpiração pela cultura, durante determinado período. Estimativas de  $ET_c$  podem ser obtidas através do valor da evapotranspiração de uma cultura de referência ( $ET_o$ ) corrigida pelo coeficiente da cultura ( $K_c$ ), que depende da cultura e de seu estágio de desenvolvimento (SILVA et al., 2009). A FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) e a Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem ICID, dentre os vários métodos existentes que estimam a evapotranspiração de referência, estabeleceu o método de Penman-Monteith padronizado pela FAO em seu boletim 56 como padrão para estimativa de  $ET_o$ . Para a estimativa de  $ET_o$ , Penman-Monteith exige dados diários de temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento. Mas em muitos locais tais elementos climáticos são muitas vezes incompletos ou não estão disponíveis. Este trabalho teve por objetivo estimar a evapotranspiração de referência pelo método Penman-Monteith FAO 56 (PM FAO 56) a partir de dados de temperatura máxima e mínima mensais para localidade de Guaramiranga-CE.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Os elementos climáticos utilizados neste trabalho foram obtidos da Estação Climatológica Principal (ECP) de Guaramiranga-CE localizada a latitude de  $4^{\circ}15'48''$  S, longitude  $38^{\circ}55'59''$  W e altitude 900 m, pertencente à rede de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A área de estudo possui clima tropical subquente úmido e tropical quente úmido, com temperatura média anual de  $24^{\circ}$  a  $26^{\circ}\text{C}$ , período chuvoso de janeiro a maio e precipitação pluvial total anual de 1737,5 mm.

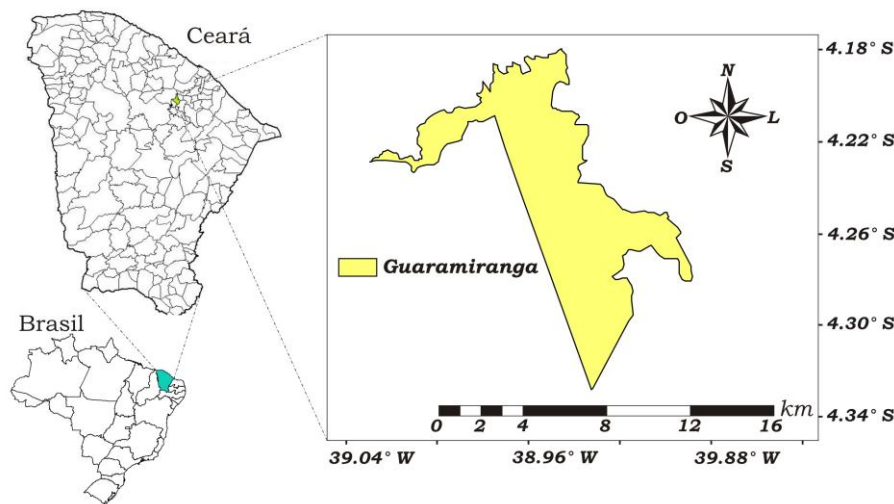


Figura 1: Localização da área em estudo.

Foram utilizados dados diários de temperatura máxima e mínima, velocidade do vento, umidade relativa do ar e insolação, a partir dos quais foram calculadas as médias mensais, compreendendo uma série de dados de 18 anos (1961 a 1978). Os valores de  $ET_o$  pelo método padrão PM FAO 56 foram calculados pelo software REF-ET desenvolvido por Allen (2000). A estimativa de  $ET_o$  a partir das temperaturas máxima e mínima do ar foi realizada em planilha eletrônica, utilizando a velocidade do vento média de  $2\text{ m s}^{-1}$ , sugeridos por (ALLEN

et al., 1998). Foram também utilizadas as velocidades de 1, 1,5, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 e 5 m s<sup>-1</sup>. Os resultados foram analisados por meio de regressão linear, erro-padrão de estimativa (EPE), porcentagem (%), teste de Willmont (d) e pelo coeficiente de desempenho (c) de Camargo & Sentelhas (1997).

O procedimento de estimativa dos parâmetros para cálculo da evapotranspiração de referência contando apenas com dados de temperatura máxima e mínima segue a metodologia sugerida pelo boletim N° 56 do FAO (ALLEN et al., 1998).

A estimativa da pressão atual de vapor ( $e_a$ ) foi obtida através da temperatura mínima ( $T_n$ ), porém nas regiões de clima árido e semiárido a temperatura mínima pode superestimar a temperatura do ponto de orvalho, por isso foi corrigida subtraindo-se 2°C ( $T_n - 2^\circ\text{C}$ ), segundo Allen et al (1998), assumindo a temperatura do ponto de orvalho ( $T_d$ ), Equação 1.

$$e_a = e_s(T_d) = 0,6108 \exp\left(\frac{17,27 \cdot T_d}{T_n + 237,3}\right) \quad (1)$$

Na estimativa da radiação solar global foi utilizado o método de Hargreaves & Samani (Equação 2) descrito por Jabloun & Sahli (2008), que utilizaram o coeficiente de ajuste empírico ( $K_{rs}$ ), de 0,16 para o interior e 0,19 para regiões costeiras e o  $K_{rs}$  em função da pressão (Equação 3).

$$R_s = K_{rs} \sqrt{(T_x - T_n)} R_a \quad (2)$$

$$K_{rs} = K_{ra} \sqrt{\frac{P}{P_o}} \quad (3)$$

onde:

$R_a$  - radiação no topo da atmosfera, MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>;

$P$  - pressão atmosférica média para o local, determinada em função da altitude, kPa;

$P_o$  - pressão atmosférica média ao nível do mar, 101,3 kPa;

$K_{ra}$  - coeficiente empírico igual a 0,17 na região continental e 0,20 na região costeira;

$T_x$  - temperatura máxima do ar, °C;

$T_n$  - temperatura mínima do ar, °C.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** O  $K_{rs}$  em função da pressão na estimativa da radiação solar apresentou o menor EPE. Jabloun & Sahli (2008) estimaram a  $ET_o$  de referência com dados limitados em oito localidades na Tunísia e encontraram alta correlação na estimativa da  $ET_o$  com a utilização de  $K_{rs}$  calibrado para cada localidade estudada.

Verificou-se que o melhor desempenho na estimativa da evapotranspiração de referência a partir de dados de temperatura máxima e mínima do ar no método PM-FAO 56 foi encontrado com a utilização da velocidade do vento fixa de 1 m s<sup>-1</sup>, apresentou c de 0,70 e EPE de 0,42 mm dia<sup>-1</sup>, classificada como bom segundo Camargo & Sentelhas (1997), seguida da velocidade de 1,5 m s<sup>-1</sup>, com coeficiente c de 0,66 e EPE de 0,55 mm dia<sup>-1</sup>, também com desempenho classificado como bom (Tabela 1). Silva et al. (2010) na estimativa da  $ET_o$  a partir de dados de  $T_x$  e  $T_n$  para Sobral-CE encontraram melhores resultados para velocidade do vento fixa de 1,5 m s<sup>-1</sup>, com c de 0,85 e EPE de 0,40 mm dia<sup>-1</sup>, classificada como muito bom. A partir da velocidade de 2 m s<sup>-1</sup> a precisão na estimativa da  $ET_o$  de referência diminuiu apresentando c de 0,62 e EPE de 0,70 mm dia<sup>-1</sup>, classificada como mediano. As velocidades de 2,5 a 3,5 m s<sup>-1</sup> apresentaram desempenho classificado como sofrível, as velocidades de 4 a 5 m s<sup>-1</sup> apresentaram desempenho classificado como mau. Popova et al. (2006) avaliaram a metodologia da FAO para computar  $ET_o$  com dados limitados em cinco estações

meteorológicas no sul da Bulgária, e para a velocidade do vento quando não se tem dados disponíveis, usaram o valor padrão de  $2,0 \text{ m s}^{-1}$  e verificaram que este valor tende a superestimar  $ET_o$ .

Sentelhas et al. (2010) avaliaram o método de Penman-Monteith FAO e métodos alternativos para estimar a evapotranspiração de referência com dados em falta no sul de Ontário no Canadá, e concluíram que FAO PM pode ser usado para estimar  $ET_o$  diária aceitável, quando a velocidade do vento não está disponível.

Tabela 1: Indicadores estatísticos da correlação entre o método padrão PM-FAO 56 e o método de PM-FAO 56 a partir de dados de temperatura máxima e mínima utilizando diferentes velocidades do vento fixas para a localidade de Guarimiranga-CE, em escala mensal.

Método	%	EPE	r	d	c	Desempenho
PM56 (1,0)	108,79	0,42	0,83	0,85	0,70	Bom
PM56 (1,5)	114,76	0,55	0,85	0,78	0,66	Bom
PM56 (2,0)	120,26	0,70	0,86	0,72	0,62	Mediano
PM56 (2,5)	125,37	0,85	0,86	0,67	0,57	Sofrível
PM56 (3,0)	130,09	0,99	0,87	0,62	0,54	Sofrível
PM56 (3,5)	134,48	1,13	0,87	0,58	0,51	Sofrível
PM56 (4,0)	138,57	1,25	0,88	0,55	0,48	Mau
PM56 (4,5)	142,41	1,37	0,88	0,52	0,46	Mau
PM56 (5,0)	145,98	1,49	0,88	0,50	0,44	Mau

O menores valores de  $ET_o$  ocorrem em junho e o maiores em outubro (Figura 1). Na estimativa da  $ET_o$  a partir das temperaturas máxima e mínima do ar com a utilização das velocidades do vento fixas de 1 a  $5 \text{ m s}^{-1}$ , a mínima e a máxima também ocorrem no mesmo período da  $ET_o$  padrão. Valores de  $ET_o$  estimada com velocidades do vento de 1 a  $5 \text{ m s}^{-1}$  superestimaram o método padrão sendo que os resultados de  $ET_o$  calculada com velocidade do vento de  $1 \text{ m s}^{-1}$  apresentou valores mais próximos do método padrão de julho a dezembro, se distanciando no outros.

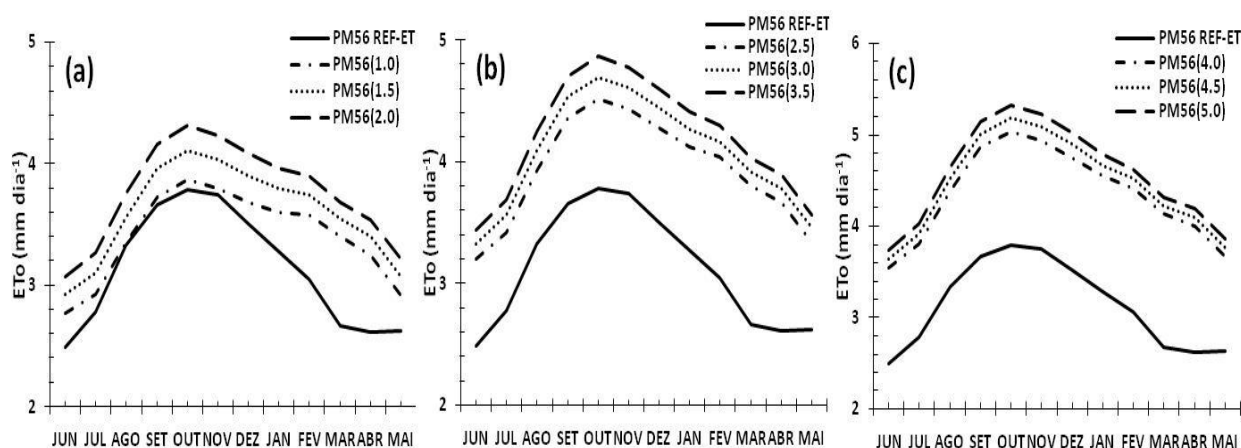


Figura 1: Valores médios mensais da distribuição da evapotranspiração de referência pelo método padrão PM-FAO 56 e pelo método de PM-FAO 56 a partir da temperatura máxima e mínima do ar utilizando velocidades do vento fixas, de 1 a  $2 \text{ m s}^{-1}$  (a), 2,5 a  $3,5 \text{ m s}^{-1}$  (b) e de 4 a  $5 \text{ m s}^{-1}$  (c) ao longo dos meses para Guarimiranga-Ce.

**CONCLUSÕES:** Conforme as condições climáticas da região em estudo, o método de PM-FAO 56 que adotou a velocidade do vento fixa de  $1 \text{ m s}^{-1}$  foi o que melhor ajustou-se ao método padrão, recomendando-se a sua utilização na estimativa da  $ET_0$  a partir de dados de temperatura máxima e mínima e também quando não estiver disponível na estação meteorológica local.

**AGRADECIMENTOS:** Ao PIBICT/FUNCAP pela cessão de bolças de iniciação científica, ao INMET por disponibilizar os dados utilizados e ao Laboratório de Geoprocessamento do IFCE Campus Iguatu.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G. REF-ET: Reference evapotranspiration calculator, version 2.0. Kimberly: University of Idaho Research and Extension Center, 2000. 76 p.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa de evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.1, p. 89-97, 1997.
- CAMPOS, J. H. B. C.; SILVA, V. P. R.; AZEVEDO, P. V.; BORGES, C. J. R.; SOARES, J. M.; MOURA, M. S. B.; SILVA, B. B. Evapotranspiração e produtividade da mangueira sob diferentes tratamentos de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.2, p.150-156, 2008.
- JABLOUN, M.; SAHLI, A. Evaluation of FAO-56 methodology for estimating reference evapotranspiration using limited climatic data application to Tunisia. **Agricultural Water Management**, v. 95, n. 06, p. 707-715, 2008.
- POPOVA, Z.; KERCHEVA, M.; PEREIRA, L.S. Validation of the FAO methodology for computing  $ET_0$  with limited data. Application to South Bulgaria. **Irrigation and Drainage**. v. 55, n. 02, p. 201-215, 2006.
- SENTELHAS, P. C.; GILLESPIE, T. J.; SANTOS, E. A. Evaluation of FAO Penman-Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada. **Agricultural Water Management**. v. 97, n. 05, p. 635-644, 2010.
- SILVA, V. P. R.; CAMPOS, J. H. B. C.; AZEVEDO, P. V. Wateruse efficiency and evapotranspiration of mango orchard grown in northeastern region of Brazil. *Scientia Horticulturae*, v.1, n.120, p.467-472, 2009.
- SILVA, M. G.; OLIVEIRA, J. B.; LEDO, E. R. F.; ARAÚJO, E. M.; ARAÚJO, E. M. Estimativa da  $ET_0$  pelos métodos de Penman-Monteith FAO 56 e Hargreaves-Samani a partir de dados de  $T_x$  e  $T_n$  para Sobral e Tauá no Ceará. *Acta Tecnológica*, v. 5, n. 2, p. 52-68, 2010.
- WILLMOTT, C. J.,CKLESON, S. G.,DAVIS, R. E. et al. Statistics for the evaluation and comparision of models. **Journal of Geophysical Research, Ottawa**, v. 90, n. 5, p. 8995-9005, 1985.