

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA UTILIZANDO DIFERENTES METODOLOGIAS PARA O CÁLCULO DA UMIDADE RELATIVA DO AR

B. M. de Azevedo¹, R. L. M. Borges², C. N. V. Fernandes³,
R. R. Crisóstomo Jr⁴, T. V. de A. Viana⁵, E.S. Braga³

RESUMO: Trata-se de um estudo da estimativa da evapotranspiração de referência com a equação de Penman-Monteith/FAO, fazendo-se uso de diferentes métodos de cálculo da média diária da umidade relativa do ar (UR). Os dados utilizados compreenderam o período de janeiro a dezembro de 2002 e foram obtidos em uma estação meteorológica automatizada, localizada no município de Paraipaba, Ceará (latitude de 3°26' S, longitude de 39°08' W e altitude de 31m). Para o cálculo das médias diárias da UR utilizou-se a média aritmética de 24 leituras horárias, as equações propostas pela FAO, pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e pelo Serviço de Meteorologia do Estado de São Paulo (SMESP). Os resultados mostram que, para a estimativa da evapotranspiração de referência com a metodologia de Penman-Monteith/FAO, podem ser utilizadas todas as equações de cálculo da umidade relativa do ar, pois apresentaram o mesmo comportamento, obtendo-se os seguintes valores de R²: método FAO (0,9972), método INMET (0,9980) e método SMESP (0,9817).

PALAVRAS-CHAVE: Penman-Monteith, ETo.

EVAPOTRANSPIRATION OF REFERENCE USING DIFFERENT METHODOLOGIES OF CALCULATION OF THE RELATIVE AIR HUMIDITY

ABSTRACT: This is a study about the estimate of the evapotranspiration of reference through the Penman-Monteith/FAO equation, making use of different methodologies in the daily average calculations of the air temperature, the relative air humidity and the balance of solar radiation. The data utilized comprehends the period from January to December 2002,

¹ Professor Associado da UFC, Doutor em Irrigação e Drenagem, Av. Mister Hull, 2977 CEP.: 60356-000 – Fortaleza, CE, Telefone: (85) 4008.9754 – Fax(85) 40089755, Celular(85) 91312930, e-mail: benitoazevedo@hotmail.com

² Engenheiro Agrônomo, Mestre em Irrigação e Drenagem-UFC, Fortaleza, CE.

³ Aluno da graduação, Agronomia-UFC, Fortaleza, CE.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Irrigação e Drenagem-UFC, Fortaleza, CE.

⁵ Professor Adjunto da UFC, Doutor em Irrigação e Drenagem, Fortaleza, CE.

obtained in an automated meteorological station, located in the city of Paraipaba, state of Ceará, Brazil (3°26' S, 39°08' W and 31 m). For the calculation of the daily averages of temperature and the relative air humidity, it was used the arithmetical average of 24 daily readings, the equations proposed by the National Institute of Meteorology - (INMET), by FAO and by the Service of Meteorology of the State of Sao Paulo – (SMESP). The equations of calculation of the relative air humidity also presented the same behavior, being all viable ones, obtaining the following R^2 values: INMET method (0,9980), FAO method (0,9972) and SMESP method (0,9817).

KEYWORDS: Penman-Monteith, ETo.

INTRODUÇÃO

O manejo eficiente da irrigação resulta no uso racional do recurso água, visando à otimização da produtividade e minimizando o impacto ambiental. Desta maneira, os sistemas de irrigação devem ser dimensionados para satisfazer, no período de maior demanda, a evapotranspiração das culturas. Esta quantidade de água requerida é estimada em função da evapotranspiração de referência (ETo) e do coeficiente da cultura (K_c), indicativo da necessidade de água, em cada estágio de desenvolvimento das plantas (DOORENBOS & PRUITT, 1986; ALLEN et al., 1998). Segundo SEDIYAMA et al. (1996), o modelo de Penman-Monteith-FAO é atualmente o mais empregado para a estimativa da ETo.

As estações meteorológicas automáticas permitem a determinação das variáveis meteorológicas em pequenos intervalos de tempo, conseqüentemente possibilita uma melhor estimativa da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith. A umidade relativa do ar apresenta diferentes metodologias de cálculo, quando não se dispõe de equipamentos automáticos com capacidade de medir em intervalos menores e obter a média diária de forma mais próxima da realidade.

Este trabalho teve como objetivo avaliar quatro diferentes métodos de estimativa da média diária da umidade relativa do ar, para serem utilizadas na estimativa da evapotranspiração de referência através da equação de Penman-Monteith-FAO.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido a partir de dados coletados na Estação Experimental do Centro Nacional de Pesquisa em Agroindústria Tropical, da EMBRAPA, localizado no Vale

do Curu, município de Paraipaba, na região litorânea do estado do Ceará, com coordenadas geográficas 3°26' de latitude sul e 39°08' de longitude oeste e altitude de 31m.

O clima da microrregião de Paraipaba no Vale do Curu, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw', caracterizando-se como clima tropical chuvoso, com temperatura média do mês mais frio maior ou igual a 18 °C e precipitação do mês mais seco inferior a 30mm, onde a época mais seca ocorre no inverno e o máximo de chuvas ocorre no outono (AGUIAR et al., 2003).

Os dados climáticos foram coletados na estação meteorológica automática, durante o período de janeiro a dezembro de 2002. Os dados armazenados por um datalogger, programado para realizar as leituras dos sensores a cada minuto, com registros das médias ou totais a cada 60 minutos, ou seja, no final do dia obtinham-se 24 leituras para cada variável. No intervalo de até 10 dias, os dados eram coletados da estação e transferidos, com um módulo de armazenamento, para um microcomputador fazendo-se uso de software apropriado, onde foram convertidos em planilha eletrônica. Após a formatação destes dados, foi realizada uma análise de consistência dos valores obtidos, a fim de se identificar possíveis erros no registro dos mesmos, digitação, ausência registros ou valores nulos.

O cálculo da umidade relativa do ar foi realizado utilizando-se diferentes metodologias: a primeira obtida através da média aritmética das 24 médias horárias da estação automatizada; a segunda através da equação proposta pelo INMET; a terceira através da equação proposta pela FAO; e a quarta através da equação proposta pelo Serviço Meteorológico do Estado de São Paulo (SMESP).

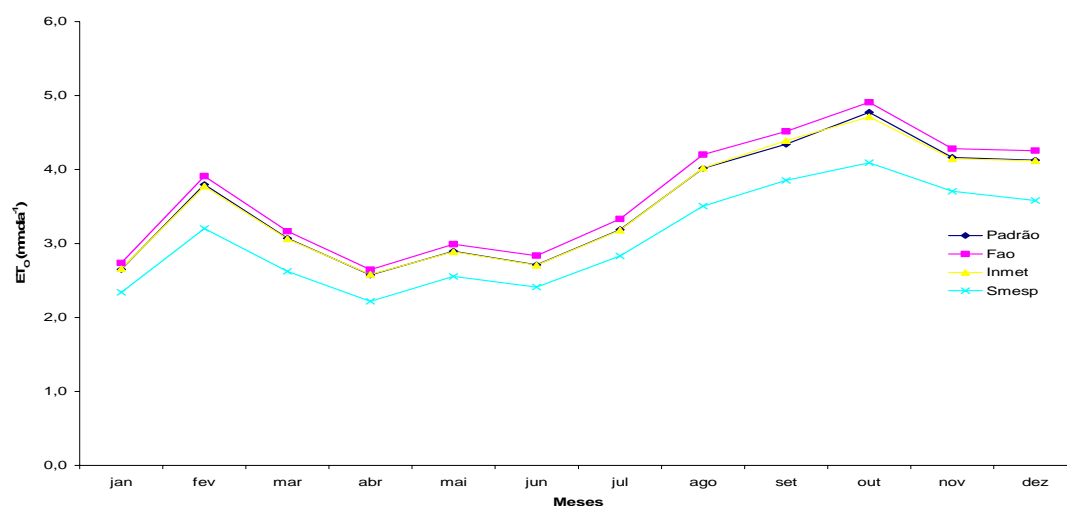
Para estimar a evapotranspiração de referência diária utilizou-se o modelo de Penman-Monteith descrito em Allen et al. (1998):

$$ET_{oPM} = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot u_2)} \quad (01)$$

Em que: ET_{oPM} é a evapotranspiração de referência (mm.dia^{-1}); R_n é o saldo de radiação solar à superfície vegetada ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$); G é a densidade de fluxo de calor sensível no solo ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$); T é a temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$); u_2 é a velocidade do vento medida a 2,0m de altura (m.s^{-1}); e_s é a pressão de vapor da água na saturação (kPa); e_a é a pressão de vapor da água atual (kPa); $e_s - e_a$ é o déficit de pressão de vapor d'água (kPa); Δ é a declividade da curva de pressão de saturação do vapor d'água ($\text{kPa.}^{\circ}\text{C}^{-1}$); γ é a constante psicométrica ($\text{kPa.}^{\circ}\text{C}^{-1}$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando-se a estimativa da evapotranspiração de referência utilizando-se como padrão o cálculo da umidade relativa do ar, os valores registrados pela estação meteorológica



automática, com as equações propostas pela INMET, FAO e SMESP, foram obtidos os resultados constantes na Figura 01.

Figura 01 - Médias mensais dos valores de evapotranspiração de referência estimados com a equação de Penman-Monteith e umidade relativa média do ar obtida com a estação meteorológica automática e com as metodologias propostas pela INMET, FAO e SMESP, no município de Paraipaba-CE, no ano de 2002.

Observando-se os resultados da comparação estatística, pela regressão linear, entre os valores de ETo obtidos por meio das diferentes metodologias de cálculo da umidade relativa do ar (média diária) com a metodologia padrão, verificou-se que os coeficientes de determinação (R^2) foram excelentes. Sendo 0,9882 para metodologia proposta pelo INMET, 0,9975 para metodologia proposta pela FAO e 0,9829 para metodologia proposta pelo SMESP (Tabela 01).

Tabela 01 - Coeficientes de determinação (R^2) para as comparações estatísticas das médias mensais e diárias de valores de ETo obtidos por meio das diferentes metodologias de cálculo da umidade relativa média do ar.

Variáveis	R^2	
	Diária	Mensal
ET _O PADRÃO x ET _O INMET	0,9882	0,9990

$ET_{O\text{ PADRÃO}} \times ET_{O\text{ FAO}}$	0,9975	0,9989
$ET_{O\text{ PADRÃO}} \times ET_{O\text{ SMESP}}$	0,9829	0,9922

Quando consideradas apenas as médias mensais, os resultados da comparação estatística, pela regressão linear, mostraram coeficientes de determinação (R^2) um pouco maiores, mostrando ainda uma maior correlação entre os dados. Sendo para metodologia proposta pelo INMET, 0,9989 para metodologia proposta pela FAO 0,9990 e 0,9922 para metodologia proposta pelo SMESP.

De acordo com os resultados contidos na Tabela 02, os valores de evapotranspiração de referência estimados através de diferentes maneiras para o cálculo da umidade relativa média do ar, como pode ser observado, não apresentaram diferença estatística entre os valores médios anuais de ET_o . Sendo que, de acordo com análise estatística, todas as equações utilizadas para cálculo da umidade relativa média do ar podem ser utilizadas para o cálculo da evapotranspiração de referência para a região de Paraipaba.

Tabela 02 – Médias anuais de evapotranspiração de referência (ET_o), obtidas por meio das diferentes metodologias de cálculo da umidade relativa média do ar.

Equações utilizando umidade relativa média do ar	Evapotranspiração (mm.dia^{-1})
$ET_{O\text{ Padrão}}$	3,53 a
$ET_{O\text{ INMET}}$	3,65 a
$ET_{O\text{ FAO}}$	3,52 a
$ET_{O\text{ SMESP}}$	3,08 a
D.M.S. (5%)	0,81

Médias seguidas por mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

CONCLUSÕES

Na estimativa da evapotranspiração de referência (diária ou mensal), com a metodologia de Penman-Monteith/FAO, no município de Paraipaba-CE, pode-se empregar, no cálculo da umidade relativa média do ar, qualquer uma das metodologias propostas.

No cálculo da umidade relativa média do ar, recomenda-se utilizar a equação proposta pela FAO, devido a maior disponibilidade dos dados de UR_{max} e UR_{min} , nos diversos municípios do estado do Ceará.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, M. J.; LIMA, G. B. de; BARRETO JÚNIOR, J. H. C.; BADU, F. O. **Dados climatológicos**: estação de Paraipaba, 2002. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2003. 16p. (Embrapa Agroindústria Tropical Documentos, 73).
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 290p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Necessidades hídricas das culturas**. Tradução H. R. Gheyi, J. E. C. Metri, F. A. Damasceno. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1997. 204p., il. Título original: Crop water requirements. (Estudos FAO; Irrigação e Drenagem, 24).
- MEDEIROS, A. T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba, CE**. 2003. 120p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- Penman-Monteith/FAO
- SEDIYAMA, G. C.; MELO, J. S. P.; ALVES, A. R.; COELHO, D. T. Determinação dos parâmetros da distribuição de grama, em função das alturas mensais de precipitação dos dias chuvosos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 43, n. 274, p. 254-266, 1996.