

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA UTILIZANDO MÉTODOS DE TANQUE CLASSE A PROPOSTOS PELA FAO, NA REGIÃO DE MOSSORÓ, RN

Tayd Dayvison Custódio Peixoto¹; Sérgio Luiz Aguilar Levien²; Andre Herman Freire Bezerra³; José Espínola Sobrinho⁴

1 Estudante de Engenharia Agrícola e Ambiental, Bolsista PIBIC/CNPq/UFERSA, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN (dayvisonpeixoto@hotmail.com)

2 Engenheiro Agrícola, D.Sc., Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, UFERSA, Mossoró, RN (sergiolevien@ufersa.edu.br)

3 Engenheiro Agrônomo, Bolsista CAPES, Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, UFERSA, Mossoró, RN (andré.herman@yahoo.com)

4 Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, UFERSA, Mossoró, RN (jespinola@ufersa.edu.br)

RESUMO

A evapotranspiração de referência (ET_o) é um fator de relevante importância para quem usa a irrigação como um meio de suprir as necessidades hídricas das culturas, principalmente em regiões semi-áridas, como é o caso da região de Mossoró, RN. Este estudo teve como objetivo determinar, por diferentes metodologias de determinação do coeficiente do tanque (K_p) que são recomendadas pela FAO, a ET_o obtida com o auxílio da evaporação do tanque Classe A (ECA), e comparar tais resultados com a ET_o estimada pelo método FAO Penman-Monteith, considerado padrão, usando dados de uma série histórica de 15 anos da região de Mossoró, Rio Grande do Norte. Observou-se um bom desempenho do método do tanque Classe A para a estimativa dos valores mensais de ET_o, considerando-se as diferentes formas de cálculo do K_p, sendo o método proposto em FAO24, usando valores médios anuais, com UR média menor que 70%, o que apresentou o maior índice de concordância ($d = 0,87$) e o menor erro médio absoluto (EMA = 0,51 mm dia⁻¹), indicando sua potencialidade para utilização prática na estimativa da ET_o diária em Mossoró, RN.

PALAVRAS-CHAVE: Semiárido, coeficiente do tanque, evaporação do tanque, manejo de irrigação

REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION USING CLASS A PAN METHODS PROPOSED BY FAO, IN THE REGION OF MOSSORÓ, RN, BRAZIL

ABSTRACT

The reference evapotranspiration (ET_o) is a important factor for the irrigation users as a way to supply the crop water needs, mainly in semi-arid regions as the case of the region of Mossoró, Rio Grande do Norte, Brazil. The objective of this study it was to determine by different methodologies the pan coefficients (K_p) recommended by FAO, the ET_o obtained with the aid of the evaporation Class A pan (ECA), and to compare these results with the ET_o estimated by FAO Penman-Monteith method,

wich it is considered the standard method, with 15 years historical series data of the region of Mossoró, Rio Grande do Norte, Brazil. There was a good performance of the Class A pan method to estimate the monthly values of ETo, considering the different ways of calculating Kp, and the method proposed by FAO24, using annual averaged values, with relative humidity below 70% average, showed the highest rate of concordance ($d = 0.87$) and the lowest mean absolute error ($EMA = 0.51 \text{ mm day}^{-1}$), indicating its potential for practical use on the daily estimate ETo in Mossoró, RN, Brazil.

KEYWORDS: Semi-arid, pan coefficient, evaporation pan, irrigation management

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração da cultura (ETc) é um fator que deve ser levado em consideração quando se fala em irrigação, pois baseado nesta podemos otimizar o uso da água. A irrigação exige grande demanda de água e essa água não pode ser em excesso nem em escassez para não haver desperdício de água ou diminuição da produtividade. A evapotranspiração de referência (ETo), foi criada para facilitar a obtenção dos valores de ETc, pois para sua determinação direta faz-se necessário um grande número de parâmetros do solo, da planta, do clima ou mesmo de equipamentos sofisticados, o que limita a sua aplicabilidade (MENDONÇA et al., 2006).

A ETo precisa ser multiplicada por um fator que é o coeficiente de cultura (Kc), que varia entre espécies e depende dos estádios fenológicos.

A ETo calculada pelo tanque Classe A, que é um método indireto e de uso generalizado no Brasil devido a seu baixo custo e facilidade no manuseio, foi utilizada neste estudo, e necessita, para ser determinada, do valor da evaporação do tanque Classe A (ECA) e do coeficiente do tanque (Kp), o qual varia de acordo com as condições climáticas e locais.

O método do tanque Classe A (TCA) para estimativa da evapotranspiração de referência foi desenvolvido para se ter uma forma prática de estimativa de ETo, aplicada ao manejo da irrigação. O tanque é de pequena dimensão, com as paredes laterais expostas diretamente à radiação solar, e a água no tanque não oferece impedimento ao processo evaporativo, estando sempre disponível, mesmo durante os períodos secos. Portanto, o valor da evaporação obtido no tanque é exagerado em relação à perda efetiva de uma cultura, mesmo estando ela em condições ótimas de suprimento de água no solo (PEREIRA et al., 2002).

Os métodos que determinam o valor do Kp, sempre menor que um, na maioria das vezes são baseados na umidade relativa média do ar (URm), na velocidade do vento (u_2), no tamanho da bordadura (B) e no tipo de superfície em que o tanque está colocado (TS, grama ou solo nu). Porém existem diversas formas de obtenção desse coeficiente como as propostas no Manual FAO 24 (DOORENBOS & PRUITT, 1977) e no Manual FAO 56 (ALLEN et al. 1998), que podem resultar em valores diferentes, dependendo do local (SENTELHAS & FOLEGATTI, 2003; MENDONÇA et al., 2006).

Segundo PEREIRA et al. (1997) o Kp decresce à medida que a velocidade do vento aumenta, evidenciando o efeito do poder evaporante do ar em todas as condições de umidade relativa e de bordadura, bem como se observa que o Kp aumenta quando a umidade relativa do ar aumenta.

É comum a adoção de um valor fixo de Kp quando dados de umidade relativa e velocidade do vento não são disponíveis (PEREIRA et al., 2002).

Este trabalho tem como objetivo comparar as diferentes metodologias de cálculo do valor do coeficiente do tanque Classe A (Kp) recomendadas pela FAO, para a região de Mossoró, RN; e determinar qual o valor da ETo obtido pelos métodos mais se aproxima do resultado da ETo estimado pelo método FAO Penman-Monteith, considerado como padrão.

METODOLOGIA

Nesse trabalho foram utilizados dados meteorológicos de uma série histórica de 15 anos, no período do ano de 1991 a 2006, da Estação Climatológica convencional da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), no município de Mossoró, RN, cujas coordenadas geográficas são: 5°11' S, 37°20' W e altitude de 18m.

Para cálculo da ETo pelo método FAO Penman-Monteith, proposto por ALLEN et al. (1998), foi utilizado o software SEEVA, desenvolvido por BEZERRA (2009).

Os valores de ETo obtidos pelo método do tanque Classe A foram calculados por meio da equação:

$$E_{To} = K_p \cdot E_{CA} \quad (1)$$

em que ETo é a evapotranspiração de referência, Kp é o coeficiente do tanque Classe A, e ECA é a evaporação do tanque Classe A.

Para a estimativa dos valores de Kp foram utilizados os métodos recomendados nos Manuais FAO 24 e FAO 56.

Baseado no Manual 24, considerando que o tanque da Estação Climatológica está instalado sobre uma área cultivada com grama de cerca de 10 m de raio, utilizou-se dados médios, apresentados na Tabela 1, da série histórica estudada, e determinou-se os valores de coeficiente de tanque para três casos.

TABELA 1. Coeficientes de tanque (Kp) estimados baseados no Manual FAO 24

Mês	média u_2 (m.s ⁻¹)	média UR (%)	Kp tabelado FAO
Janeiro	4,24	70,61	0,75
Fevereiro	3,77	72,18	0,75
Março	3,08	77,46	0,75
Abril	2,19	79,86	0,75
Mai	2,53	76,91	0,75
Junho	3,01	72,60	0,75
Julho	3,39	66,93	0,70
Agosto	4,36	61,02	0,70
Setembro	5,25	61,27	0,60
Outubro	5,55	61,79	0,60
Novembro	5,40	63,92	0,60
Dezembro	5,15	65,97	0,60
Média	3,99	69,21	0,70

- FAO24, caso 1 (DOORENBOS & PRUITT, 1977)

Foram estimados valores médios mensais de K_p , baseados em valores médios mensais de velocidade do vento e umidade relativa média, obtendo-se os valores a seguir: para os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho o K_p foi de 0,75; para os meses de julho e agosto, de 0,70; e, para os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, o K_p foi de 0,60.

- FAO24, caso 2 (DOORENBOS & PRUITT, 1977)

Foi considerado o valor médio anual de K_p de 0,70; obtido com as médias dos dados observados.

- FAO24, caso 3 (DOORENBOS & PRUITT, 1977)

Foi considerado o valor médio anual de K_p de 0,75, pois, como a média da umidade relativa foi de aproximadamente 70%, optou-se, então, usar este valor.

Baseado no Manual 56 utilizou-se a equação de regressão derivada da tabela proposta no Manual FAO 24, para o caso do tanque instalado sobre uma área cultivada com grama.

- FAO56, caso A (ALLEN et al., 1998)

$$K_p = 0,108 - 0,0286 \cdot u_2 + 0,0422 \cdot \ln(B) + 0,1434 \cdot \ln(UR_m) - 0,000631 \cdot [\ln(B)]^2 \cdot \ln(UR_m) \quad (2)$$

em que K_p é o coeficiente do tanque Classe A, B é a bordadura da área (em m), u_2 é a velocidade do vento (em $m \cdot s^{-1}$), e UR_m é a umidade relativa média (em %).

Para se avaliar o desempenho dos métodos de determinação do K_p na estimativa da ETo mensal usando o método do tanque Classe A foram utilizados os índices estatísticos que preconizam um estudo de análise de regressão linear, erro médio absoluto (EMA), índice de concordância de Willmott (d), coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de correlação (r), índice de desempenho (c) e eficiência do método (EF), de acordo com as seguintes equações:

$$EMA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |O_i - E_i| \quad (3)$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|E_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \quad (4)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (O_i - E_i)^2}{\sum (O_i - \bar{O})^2} \quad (5)$$

$$r = \sqrt{1 - \frac{\sum (O_i - E_i)^2}{\sum (O_i - \bar{O})^2}} \quad (6)$$

$$c = r \cdot d \quad (7)$$

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (8)$$

em que O_i é o valor observado (ETo calculada por FAO Penman-Monteith), E_i é o valor estimado (ETo calculada pelo tanque Classe A) e \bar{O} é a média dos valores observados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentadas as relações entre a ETo mensal estimada pelo método do tanque Classe A, utilizando os valores de K_p determinados pelos quatro métodos avaliados, e a ETo calculada pelo método de Penman-Monteith, padrão FAO56 (FAO PM).

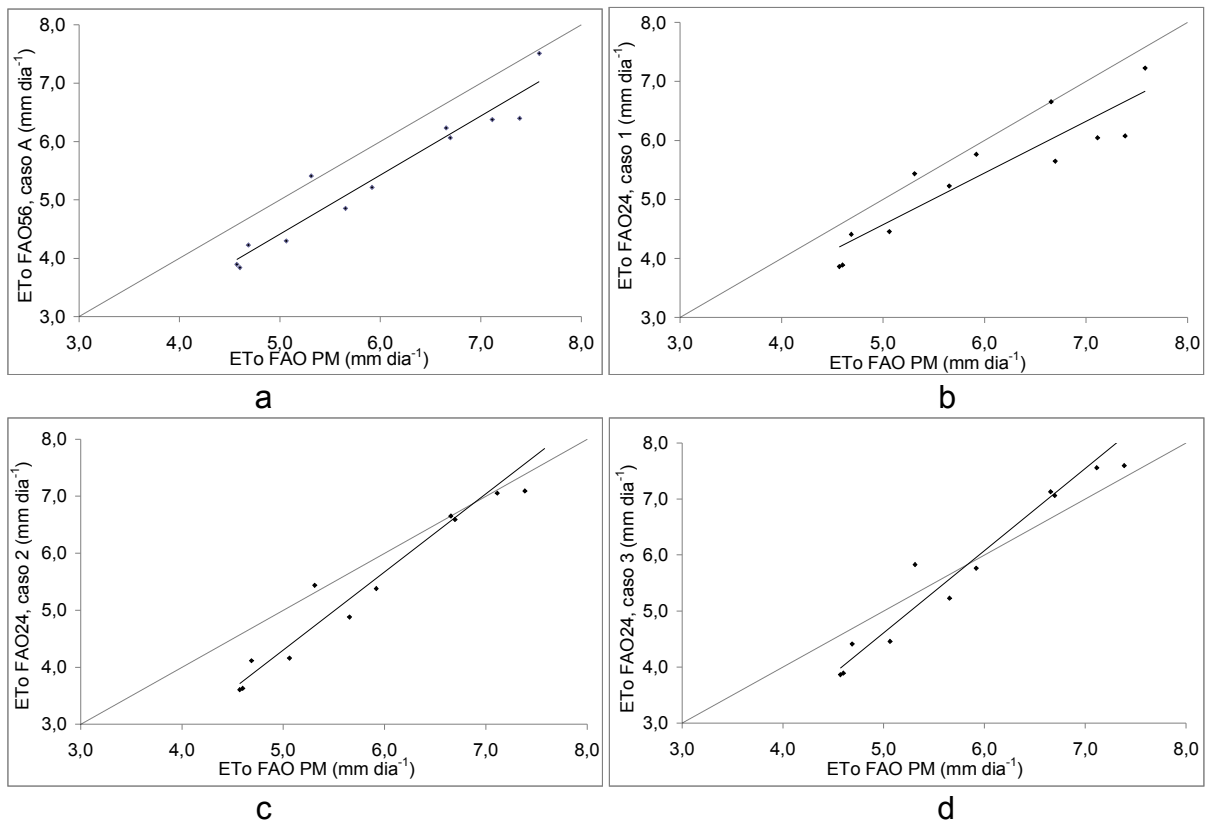


FIGURA 1. Relação entre a evapotranspiração de referência média mensal, calculada usando K_p estimados pelos métodos: a) FAO56, caso A, b)

FAO24, caso 1, c) FAO24, caso 2, d) FAO24, caso 3, e a ETo estimada pela equação FAO Penman-Monteith, para o período de 1991 a 2006

Nos valores apresentados na Tabela 2, no entanto, houve um bom ajuste em todos os casos, com os valores de r , que indicam as precisões das estimativas para os métodos avaliados, variando entre os valores de 0,92, obtido com o método de FAO24, caso 1, a 0,97, obtido pelos métodos FAO24, caso 2, e FAO24, caso 3. Esses resultados foram superiores aos obtidos por CONCEIÇÃO (2002), que variaram entre 0,89 e 0,93. Foram superiores também aos resultados obtidos por MENDONÇA et al. (2006), que obtiveram valores de r variando entre 0,87 e 0,89. Em ambos, comparando a ETo mensal estimada pelo método do tanque Classe A e a ETo obtida pela equação FAO Penman-Monteith. Os resultados foram superiores aos encontrados por SENTELHAS & FOLEGATTI (2003) que, para as condições de Piracicaba, SP, obtiveram valores de r situados entre 0,83 e 0,87, avaliando a estimativa de ETo diária pelo tanque Classe A em relação aos valores obtidos por um lisímetro de pesagem. Apesar dos resultados favoráveis de coeficiente de correlação constata-se, pela Tabela 2, que o valor do índice de concordância (d) que mais se aproximou de 1 foi obtido pelo método FAO24, caso 2, com valor igual a 0,87. Esse resultado indica que o método FAO24, caso 2, permitiu estimar os valores de ETo com melhor exatidão, ou seja, com um baixo desvio entre os valores estimados e observados. O método FAO24, caso 2, foi, também, o que obteve maior valor de c , ou seja, obteve um melhor índice de desempenho igual a 0,84, apresentando, também, uma melhor eficiência do método (igual a 0,66).

TABELA 2. Avaliação de desempenho dos métodos de cálculo de K_p para a estimativa da ETo mensal pelo método do Tanque Classe A

Métodos	EMA (mm dia ⁻¹)	r	d	c	EF	R^2
FAO56, caso A	0,59	0,96	0,78	0,75	0,63	0,93
FAO24, caso 1	0,52	0,92	0,72	0,66	0,58	0,84
FAO24, caso 2	0,51	0,97	0,87	0,84	0,66	0,95
FAO24, caso 3	0,53	0,97	0,86	0,83	0,65	0,95

Em relação ao erro médio absoluto (EMA), pela Tabela 2, percebe-se que o melhor resultado foi obtido por FAO24, caso 2, com valor igual a 0,51 mm dia⁻¹.

Esses resultados mostram que, para as condições climáticas de Mossoró, RN, o valor de K_p igual a 0,70, determinado pelo método FAO24, caso 2, proposto no Manual FAO 24, por DOORENBOS & PRUITT (1977), pode ser recomendado para estimativa da ETo.

Observa-se na Figura 1, que os métodos FAO56, caso A, proposto no Manual FAO 56 por ALLEN et al. (1998), e FAO24, caso 1 proposto no Manual FAO 24, por DOORENBOS & PRUITT (1977), subestimaram os valores de ETo calculados pela equação FAO Penman-Monteith.

CONCLUSÃO

Pelo exposto, pode-se concluir que, de um modo geral, a metodologia proposta por DOORENBOS & PRUITT (1977) no Manual FAO 24, denominada

FAO24, caso 2, de determinação do coeficiente do tanque Classe A, o qual utiliza um valor de K_p anual igual a 0,70, quando usada para a estimativa de evapotranspiração de referência (ET_o), obteve melhor resultado ao ser comparada com o método padrão de FAO Penman-Monteith.

AGRADECIMENTOS

A UFRSA e CNPq pela concessão da bolsa de PIBIC, e à CAPES pela concessão da bolsa de Mestrado.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 300p., 1998. (FAO: Irrigation and Drainage Paper, 56).

BEZERRA, A.H.F. **Software de simulação do coeficiente de cultura**. Monografia (Curso de Agronomia), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 60p., 2009.

CONCEIÇÃO, M.A.F. Reference evapotranspiration based on class A pan evaporation. **Scientia Agrícola**., Piracicaba, SP, v.59, n.3, p.417-420, 2002.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 179p., 1977. (FAO: Irrigation and Drainage Paper, 24).

MENDONÇA, J.C.; SOUSA, E.F.; ANDRE, R.G.B.; BERNARDO, S. Coeficientes do tanque Classe "A" para a estimativa da evapotranspiração de referência, em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.14, p.123-128, 2006.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

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

SENTELHAS P.C.; FOLEGATTI, M.V. Class A pan coefficients (K_p) to estimate daily reference evapotranspiration (ET_o). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.1, p.111-115, 2003.

WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin of American Meteorology Society**, v.63, p.1309-1313, 1982.