

COEFICIENTES DE TANQUE CLASSE A (Kp) PARA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA

GERTRUDES M. DE OLIVEIRA¹, REGIANE DE C. BISPO², MÁRIO DE MIRANDA V. B. R. LEITÃO³, IRAI M. S. SANTOS², CAIO B. DE A. LIMA⁴

¹Prof.^a, Dr.^a. em Recursos Naturais, Depto. de Tecnologia e Ciências Sociais, Universidade do Estado da Bahia, UNEB, Av. Edgard Chastinet, s/n, São Geraldo, CEP 48900-000, Juazeiro-BA, Fone: (0xx74) 3611 7362, gemoliveira@uneb.br.

²Graduanda em Eng. Agrônômica, Bolsista FAPESB, Depto. de Tecnologia e Ciências Sociais, UNEB, Juazeiro - BA.

³Prof. Dr. em Meteorologia, Colegiado de Eng. Agrícola, UNIVASF, Juazeiro, BA.

⁴Graduando em Eng. Agrônômica, Bolsista PICIN, Depto. de Tecnologia e Ciências Sociais, UNEB, Juazeiro - BA.

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

RESUMO: O conhecimento da evapotranspiração de referência (ET_o) é fundamental para determinar o consumo hídrico das culturas. O método de Penman-Monteith é considerado pela FAO, como padrão para estimativa da ET_o. Entretanto, em função do número de variáveis meteorológicas empregadas, tem-se utilizado vários outros métodos, entre esses, o do tanque classe A (TCA) se destaca como um dos mais empregados no manejo da irrigação. A evaporação do TCA é convertida para ET_o por meio de um coeficiente de tanque (K_p), o qual, pode ser determinado de diversas formas. O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho de diferentes métodos de cálculo do K_p para fins de estimativa da ET_o. Os dados utilizados são referentes aos anos de 2007 a 2010, obtidos na estação meteorológica automática do DTCS/UNEB. A ET_o diária considerada padrão foi calculada utilizando-se o método de Penman-Monteith – FAO. Com dados diários de evaporação do TCA e estimativas do K_p, obtidas pelos métodos: Cuenca (1989), Snyder (1992), Allen et al. (1998) e Pereira et al. (1995) determinou-se a ET_o. Baseado nos indicadores estatísticos, o melhor método de determinação do K_p, para a estimativa da ET_o foi o de Pereira et al. (1995).

PALAVRAS-CHAVE: consumo hídrico, evaporação do tanque classe A, irrigação.

CLASS A PAN COEFFICIENTES (Kp) TO ESTIMATE REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION

ABSTRACT: Knowledge of reference evapotranspiration (ET_o) is essential to determine crop water requirement. The method of Penman-Monteith FAO is considered as the standard for estimating ET_o. However, in function of the number of meteorological variables employed, has used several other methods, among these, the class A pan (TCA) stands out as one of the most widely used in irrigation. Evaporation of TCA is converted to ET_o by a pan coefficient (K_p), which can be determined in several ways. The aim of this study was to evaluate the performance of different methods of calculating K_p for the purpose of estimating ET_o. The data used for the years 2007 to 2010, obtained from the automatic weather station of the DTCS / UNEB. The daily ET_o considered standard was calculated using the Penman-Monteith – FAO method. With daily data on evaporation of the TCA and estimates of K_p, obtained by the methods: Cuenca (1989), Snyder (1992), Allen et al. (1998) and Pereira et al. (1995) was determined ET_o. Based on statistical indicators, the best method for determining the K_p for the estimation of ET_o was to Pereira et al. (1995).

KEYWORDS: water consumption, evaporation classe A pan, irrigation

INTRODUÇÃO: Conhecer as necessidades hídricas das culturas é fundamental para que se tenha um manejo adequado da irrigação, principalmente no semiárido nordestino, em que a escassez e a irregularidade pluviométrica são fatores que limitam a produção agrícola. A utilização adequada desse grande recurso natural “esgotável”, que é a água, tem se tornado um desafio para a agricultura, o que promove a busca de estratégias voltadas para aumento da eficiência do seu uso e da consciência de um manejo racional. Uma das formas mais difundidas de se estimar as necessidades hídricas das culturas utiliza um coeficiente de cultura (K_c) associado a estimativas da evapotranspiração de referência (ET_o). O método de Penman-Monteith é considerado pela FAO, como padrão para estimativa da ET_o (ALLEN et al., 1998). Em função do número de variáveis meteorológicas empregadas nesse método, tem-se utilizado vários outros métodos no manejo da irrigação. Dentre esses, o método do tanque classe A, um dos métodos indiretos de uso bastante generalizado, inclusive no Brasil, em virtude de seu custo relativamente baixo e do fácil manejo (BERNARDO et al., 2005). No entanto, esse método requer a determinação de um coeficiente denominado coeficiente de tanque (K_p), que varia de acordo com o local e as condições climáticas (ALLEN et al., 1998). Existem diversas equações empíricas para obtenção desse coeficiente, porém, Medeiros et al (2006) chamam a atenção para a necessidade de avaliar tais equações para condições distintas daquelas nas quais foram geradas, a fim de se aferir sua abrangência de uso. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de diferentes métodos de cálculo do K_p para fins de estimativa da ET_o para a região de Juazeiro, BA.

MATERIAL E MÉTODOS: Os dados meteorológicos utilizados neste estudo são referentes ao período de janeiro de 2007 a dezembro de 2010; e foram obtidos na estação meteorológica automática do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais - DTCS da Universidade do Estado da Bahia - UNEB, no município de Juazeiro (Lat. 09° 24' 50”S; Long. 40° 30' 10”W; Alt. 368 m). A evapotranspiração de referência diária considerada padrão (ET_o -Padrão) foi calculada utilizando-se o método de Penman-Monteith - FAO (ALLEN et al., 1998). Com base nos dados diários de evaporação do tanque classe A (ECA) e estimativas do K_p obtidas pelos métodos descritos abaixo, determinou-se a ET_o (ET_o -estimada) através da relação: $ET_o = K_p ECA$.

CUENCA (1989)

$$K_p = 0,475 - 2,4 \times 10^{-4} U_2 + 5,16 \times 10^{-3} UR + 1,18 \times 10^{-3} F - 1,6 \times 10^{-5} UR^2 - 1,01 \times 10^{-6} F^2 - 8,0 \times 10^{-9} UR^2 U_2 - 1,0 \times 10^{-8} UR^2 F$$

SNYDER (1992)

$$K_p = 0,482 + 0,024 \ln(F) - 0,000376 U_2 + 0,0045 UR$$

em que U_2 é a velocidade do vento a 2 m de altura (km.d^{-1}); UR é a umidade relativa média (%); F a bordadura de grama (20 m).

ALLEN et al. (1998)

$$K_p = 0,108 - 0,0286 U_2 + 0,0422 \ln(F) + 0,1434 \ln(UR) - 0,00063 [\ln(F)]^2 \ln(UR)$$

U_2 é a velocidade do vento a 2 m de altura (m.s^{-1}).

PEREIRA et al. (1995)

$$Kp = 0,85 \left(\frac{s + \gamma}{s + (1 + r_c / r_a)} \right)$$

sendo r_c/r_a a relação entre a resistência do dossel da grama à difusão do vapor d'água (r_c) e a resistência aerodinâmica para a troca do vapor d'água de uma superfície evaporante (r_a).

A comparação entre ETo estimada a partir dos diferentes valores de Kp e ETo-Padrão foi feita utilizando o coeficiente de desempenho “c” proposto por Camargo & Sentelhas (1997), correspondente a multiplicação do coeficiente de correlação “r” pelo coeficiente de exatidão “d” apresentado por Willmott et al. (1985):

$$d = 1 - \left\{ \frac{\sum (Pi - Oi)^2}{\sum (|Pi - O| + |Oi - O|)^2} \right\}$$

em que, Pi é o valor de ETo estimado, Oi o valor de ETo-padrão, e O a média de ETo-padrão. O desempenho foi classificado como ótimo para valores de “c” maiores que 0,85; como muito bom para valores entre 0,76 e 0,85; como bom para valores entre 0,66 e 0,75; como regular para valores entre 0,51 e 0,65; como ruim para valores entre 0,41 e 0,50; e como péssimo para valores inferiores a 0,40.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os valores médios de Kp estimados pelos métodos: Cuenca (1989), Snyder (1992), Allen et al. (1998) e Pereira et al. (1995) foram 0,72, 0,78, 0,75 e 0,73, respectivamente. Verifica-se que o Kp médio estimado pelo método de Allen et al. (1998) foi igual ao valor médio anual de Kp proposto por Doorenbos e Pruitt (1977). Na Tabela 1, são apresentados os resultados dos indicadores estatísticos da análise do desempenho das estimativas de ETo com base na evaporação do tanque classe A e Kp determinado pelos métodos: Cuenca (1989) - ETo_{Cuenca}, Snyder (1992) - ETo_{Snyder}, Allen et al. (1998) - ETo_{Allen}, e Pereira et al. (1995) - ETo_{Pereira}, comparadas com o método padrão de Penman-Monteith - FAO (ETo-Padrão). Conforme pode ser observado na Tabela 1, o menor valor de r foi obtido para os valores de ETo_{Snyder}, seguido de ETo_{Cuenca}, 0,83 e 0,84, respectivamente. Para ETo_{Allen} r foi igual a 0,86 e ETo_{Pereira}, 0,88. Sentelhas e Folegatt (2003) encontraram para as condições de Piracicaba, SP, valores de r situados entre 0,83 e 0,87. Em relação à exatidão (d), ou seja, ao afastamento dos valores estimados em relação aos observados, o menor valor de d foi obtido quando o Kp foi estimado pelo método de Snyder. Resultado semelhante foi encontrado por Braga et al. (2008). Ainda com base na Tabela 1, verifica-se que as estimativas da evapotranspiração de referência que apresentaram melhor desempenho foram aquelas que tiveram o Kp calculado pelos métodos: Pereira et al. (1995), Cuenca (1989) e Allen et al. (1998), com “c” igual a 0,75; 0,73 e 0,71, respectivamente, sendo classificadas como Bom. A estimativa de ETo com o Kp determinado pelo método de Snyder (1992) teve um desempenho regular com “c” = 0,64. Sentelhas e Folegatt (2003) concluíram que os melhores métodos de determinação do Kp, para a estimativa da ETo, foram os de Pereira et al. (1995) e Cuenca (1989), ambos apresentando alta eficiência. Por outro lado, Conceição (2002) encontrou para as condições da região noroeste do Estado de São Paulo, que a estimativa da ETo através do tanque classe A, empregando-se o modelo de Snyder para determinação do Kp foi a que proporcionou os maiores coeficientes de determinação e de confiança em relação a ETo determinado pelo método de Penman-Monteith. Isso mostra que o coeficiente adotado para determinada região deve ser adequado, para que não haja

estimativas equivocadas. Portanto, a pesquisa regional em busca de valores de K_p específicos é de suma importância para o manejo racional da água.

Tabela 1. Coeficiente de determinação (R^2), correlação (r), exatidão (d) e desempenho (c) para valores diários de ET_o estimada com base na evaporação do tanque classe A e K_p determinado pelos métodos: Cuenca (1989), Snyder (1992), Allen et al. (1998) e Pereira et al. (1995) comparados com o método padrão de Penman-Monteith parametrizado pela FAO. Período: 2007 a 2010, Juazeiro, BA.

Estimativa de ET_o	R^2	r	d	c	Desempenho
$ET_{OCuenca}$	0,72	0,84	0,86	0,73	Bom
$ET_{OSnyder}$	0,69	0,83	0,77	0,64	Regular
ET_{OAllen}	0,74	0,86	0,83	0,71	Bom
$ET_{OPereira}$	0,78	0,88	0,86	0,75	Bom

CONCLUSÕES: Entre os métodos de determinação do K_p , para estimativa da evapotranspiração de referência utilizados neste estudo, o método de Pereira et al. (1995) foi o que proporcionou os melhores resultados dos indicadores estatísticos da análise de desempenho, em relação a ET_o determinada pelo método de Penman-Monteith - FAO. O método de Snyder (1992) apresentou um desempenho regular. Para que não haja estimativas equivocadas, a pesquisa regional em busca de valores de K_p específicos é de suma importância para o manejo racional da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Roma: FAO, 1998. 301p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

BERNARDO, S; SOARES, A; MANTOVANI, E C. **Manual de Irrigação.** 7ª edição. Viçosa: UFV Imprensa Universitária, 2005. 611p.

BRAGA, M.B.; CALGARO, M.; MOURA, M.S.B.; SILVA, T.G.F. Coeficientes do tanque classe "A" para estimativa da evapotranspiração de referência na região do Vale do Submédio São Francisco, Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.16, n.1, p.49-57, 2008.

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

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

CUENCA, R.H. **Irrigation system design: an engineering approach.** New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs. 1989. 133 p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements.** Rome: FAO, 1977. 179p. (Irrigation and drainage paper, 24).

MEDEIROS, G. A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E. Avaliação de coeficientes de tanque classe A para a estimativa de evapotranspiração de referência em Campinas, SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.14, n.3, p.327-335, 2006.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; PEREIRA A.S.; Barbieri, V. A model for the class A pan coefficient. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.76, p.75-82, 1995.

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

SNYDER, R.L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversion. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering of ASCE**, New York, v.118, n.6, p.977-980, 1992.

WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, R.E.; FEDDEMA, J.J.; KLINK, K.M.; LEGATES, D.R.; O'DONNELLI, J.; ROWE, C.M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, v.90, n.C5, p.8995-9005, 1985.