



MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE TANQUE CLASSE “A” PARA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA

Alan D. Andrade¹, Ana Luiza S. Ferreira², Rafaella C. P. Alves³, Yohana de O. Medeiros⁴,
Wezer L. Miranda⁵, Luiz G. de Carvalho⁶

1 Graduando em Eng. Agrícola, Depto de Engenharia, UFLA, Lavras - MG, Fone: (0 xx 35) 8834-3582, alanmg13@gmail.com

2 Graduanda em Agronomia, Depto de Engenharia, UFLA, Lavras - MG

3 Graduanda em Agronomia, Depto de Engenharia, UFLA, Lavras - MG

4 Graduanda em Engenharia Agrícola, Depto de Engenharia, UFLA, Lavras - MG

5 Eng^o. Agrícola, Doutorando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Depto. de Engenharia, UFLA, Lavras - MG

6 Prof. Doutor, Depto de Engenharia, UFLA, Lavras - MG

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de
2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do
Pará, Belém, PA

RESUMO: O uso sustentável da água é fator primordial para a agricultura atualmente e o conhecimento da demanda hídrica da planta é importante para gestão desse recurso. Um indicador que permite conhecer essa demanda é a evapotranspiração de referência (ET_o). O Tanque Classe “A” (TCA) é um dos instrumentos utilizados para de forma indireta se obter a estimativa da ET_o. Para se realizar a estimativa, com este método é necessário conhecer o coeficiente de tanque (K_p) para a região de interesse. Com este trabalho avaliou-se dois métodos de obtenção do K_p, o método proposto por Cuenca (1989), e por Snyder (1992). Para estimativa do K_p foram utilizados dados meteorológicos da Estação Climatológica Principal de Lavras (convênio UFLA/INMET) entre 1/1/2012 e 31/12/2012. A ET_o obtida com uso dos métodos estudados foi comparada a estimada pelo método Penman-Monteith-FAO. As análises de regressão apresentaram R² em torno de 0,5 indicando uma precisão mediana para a estimativa de ET_o realizada com ambos os métodos de determinação do K_p. O índice de concordância apresentou valores de 0,85 e 0,82 para o método de Cuenca e o de Snyder, respectivamente, demonstrando boa exatidão dos valores de K_p obtidos.

PALAVRAS-CHAVE: Penman-Monteith-FAO, Cuenca, Snyder.

METHODS FOR DETERMINING THE COEFFICIENT OF THE CLASS "A" PAN TO ESTIMATE OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION

ABSTRACT: The sustainable use of water is a major factor in agriculture today, and knowledge of the water requirement of the plant is important to manage this resource. An indicator to meet this demand is the reference evapotranspiration (ET_o). The Class "A" Pan (TCA) is one of the instruments used to indirectly obtain an estimated ET_o. To perform the estimation with this method it is necessary to know the coefficient (K_p) for the region of interest. This study evaluated two methods of obtaining K_p, the method proposed by Cuenca (1989), and Snyder (1992). To estimate K_p were used meteorological data from Principal Climatological Station Lavras (agreement UFLA/INMET) between 1/1/2012 and 31/12/2012. The ET_o's obtained by the methods studied were compared to estimated by Penman-Monteith FAO standard. Statistical analyzes showed R² around 0.5 indicating a median accuracy in the





estimation of the models. The index of agreement Willmott had a value of 0.85 for the method of Cuenca and 0.82 for Snyder, demonstrating good accuracy of Kp values obtained.

KEYWORDS: Penman-Monteith-FAO, Cuenca, Snyder.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para a produção agrícola, sendo de suma importância sua utilização de forma sustentável. Segundo Oliveira et al. (2010), diante da preocupação com o uso racional da água, e tendo em vista que a irrigação é a atividade que faz maior uso desse recurso, tornou-se necessário, o desenvolvimento de metodologias que possibilitem obter máxima produção com um mínimo consumo de água. A evapotranspiração da cultura (ET_c) é um dos parâmetros que permitem quantificar a demanda de água pela planta, o que auxilia no manejo adequado desse recurso, porém a obtenção da ET_c de forma direta não é um processo fácil, devido a isso utiliza-se a evapotranspiração de referência (ET_o) para estimar a ET_c, essa estimativa é feita multiplicando a ET_o por um coeficiente de cultura (K_c). Existem diversos métodos para estimativa da ET_o, um método bastante utilizado é o do Tanque Classe “A” (TCA). Segundo Braga et al. (2008), o TCA é um dos métodos indiretos de obtenção da ET_o de uso generalizado, em virtude do seu fácil manejo e baixo custo de implantação. Entretanto, muitos pesquisadores questionam o método de escolha do coeficiente de tanque (K_p) para estimativa da ET_o usando esse tanque evaporímetro. O K_p adotado para determinada região deve ser adequado para que não haja estimativas equivocadas; por esta razão, a pesquisa regional em busca de valores de K_p específicos é de suma importância para o manejo racional dos recursos hídricos na agricultura irrigada (Esteves et al. 2010). Nesse contexto, com este trabalho objetivou-se estudar a estimativa da ET_o utilizando o TCA, analisando para tanto, diferentes métodos de determinação do K_p.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado utilizando os dados meteorológicos da Estação Climatológica Principal de Lavras (ECP - Convênio UFLA/INMET), no o período de 01 de janeiro de 2012 a 31 de dezembro de 2012. A ECP de Lavras está localizada sob as coordenadas geográficas 21°14' S e 45°00' W, com altitude em relação ao nível do mar de 918,8 metros. Esta estação é representativa das condições climáticas dominantes no município de Lavras. Os dados coletados em escala diária foram: temperatura do ar, umidade relativa do ar, insolação, velocidade do vento, pressão atmosférica e a leitura da evaporação observada no Tanque Classe “A” (TCA). A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada pelo método de Penman-Monteith-FAO, mostrado na Equação 1:

$$ET_o = \frac{s}{s + \gamma^*} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{(s + \gamma^*)(T + 273)} \frac{900}{U_2} (e_s - e_a) \quad (1)$$

em que,

ET_o é a evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); R_n é o saldo de radiação a superfície terrestre (MJ m⁻² dia⁻¹); G é o fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹); T é a temperatura média



diária do ar ($^{\circ}\text{C}$); U_2 é a velocidade do vento a 2 metros de altura (m s^{-1}); ($e_s - e_a$) é o déficit de pressão de vapor (kPa); s é a declividade da curva de pressão de saturação ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$); γ^* é a constante psicrométrica modificada ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$); λ é o calor latente de evaporação (MJ kg^{-1}).

Para a estimativa da E_{To} pelo método do TCA utilizou-se a Equação 2:

$$E_{To} = ECA \times K_p \quad (2)$$

onde,

ECA é a evaporação no tanque classe A (mm dia^{-1}); e K_p é o coeficiente de tanque (adimensional).

Os valores de K_p diários foram determinados pelas seguintes metodologias: Cuenca (1989) e Snyder (1992), apresentadas nas Equações 3 e 4, respectivamente:

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

$$K_p = 0,482 + (0,024 \times \ln(F)) - (0,000376 \times U_2) + (0,0045 \times H) \quad (4)$$

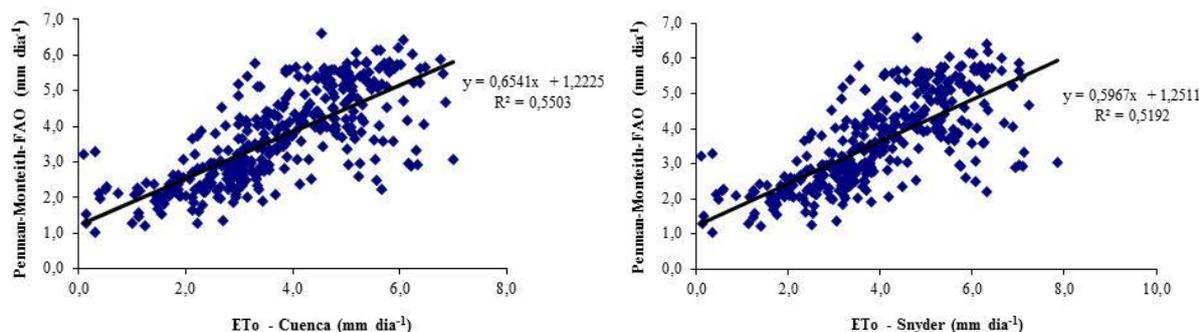
em que,

U_2 a velocidade do vento a 2 m de altura (km dia^{-1}); H é a umidade relativa média do ar (percentagem); F é a bordadura da área plantada em grama, considerada igual a 15 m.

Para avaliar o desempenho dos métodos de determinação do K_p acima mencionados, procedeu-se a análise de regressão linear, considerando-se o modelo linear $y = a + bx$, na qual a variável dependente foi a E_{To} estimada pelo método de Penman-Monteith-FAO e a variável independente a E_{To} estimada pelo método do TCA com o K_p proposto por Cuenca e Snyder. Foi expresso o coeficiente de determinação (R^2), o índice de concordância (D) de Willmott (1981), o índice de correlação de Pearson (r), e o índice de desempenho “C” desenvolvido por Camargo e Sentelhas (1997), que é dado pela expressão: $C = r * D$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão apresentados os comparativos da evapotranspiração de referência (E_{To}) obtidos com o coeficiente de tanque (K_p) estimado pelo método de Cuenca e de Snyder em relação ao método de Penman-Monteith-FAO.





(a)

(b)

Figura 1. Comparação dos valores da ETo estimados pelo método de Penman-Monteith-FAO, e a ETo obtida com o Kp estimado pelos métodos de Cuenca (a), e de Snyder (b).

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises estatísticas realizadas para averiguar a adequação dos modelos testados em relação ao método padrão.

Tabela 1. Estatísticas aplicadas na comparação dos métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Lavras - MG.

Métodos	R ²	D	r	C
Cuenca (1989)	0,55	0,85	0,74	0,63
Snyder (1992)	0,52	0,82	0,72	0,59

Na análise estatística observa-se que os valores de R² encontrados foram de 0,55 com o Kp estimado pelo método de Cuenca e 0,52 pelo método de Snyder, o que indica uma precisão mediana. Em relação ao índice D os valores observados foram de 0,85 e 0,82, para Cuenca e Snyder, respectivamente, significando boa exatidão. Esteves et al. (2010), realizaram trabalho semelhante para o município de Campos dos Goytacazes – RJ e utilizando a metodologia de retirada dos dados referentes à dias de chuva, encontraram R² igual a 0,81 tanto para o método de Cuenca, quanto para o método de Snyder, quando comparados ao método Penman-Monteith-FAO. No que se refere ao índice D, estes autores observaram os valores de 0,95 e 0,92 para os referidos métodos. Também Vescove e Turco (2005), ao analisarem a eficiência da estimativa da ETo pelo método do TCA em relação ao método padrão, para a região de Araraquara – SP, utilizando o Kp conforme proposto por Snyder, encontraram um R² de 0,84 e 0,63 para o período verão-outono e inverno-primavera, respectivamente. Já Silva et al. (2011), avaliando diferentes métodos de estimativa da ETo, ao utilizar o método do TCA com o Kp proposto por Snyder, no município de Uberlândia – MG, encontraram R² igual a 0,37 e índice D igual a 0,50.

A correlação de Pearson para os dados de ETo estimada com o Kp proposto por Cuenca em relação ao método padrão, apresentou o valor de 0,74 e com o Kp proposto por Snyder o valor foi de 0,72. Estes resultados evidenciam que há uma boa correlação entre as estimativas de ETo observadas com o método do TCA, obtidas com os coeficientes analisados e a ETo observada com o método de Penman-Monteith-FAO durante o período de estudo. Ao realizar a avaliação com o coeficiente de desempenho “C”, observou-se que com o Kp proposto por Cuenca o desempenho da estimativa de ETo foi classificado como mediano, e com o Kp de Snyder a estimativa foi caracterizada como sofrível.

Na Figura 2 são apresentados os valores médios mensais da evapotranspiração de referência obtida pelo método Penman-Monteith-FAO e pelo TCA com os Kp's propostos por Cuenca e Snyder.



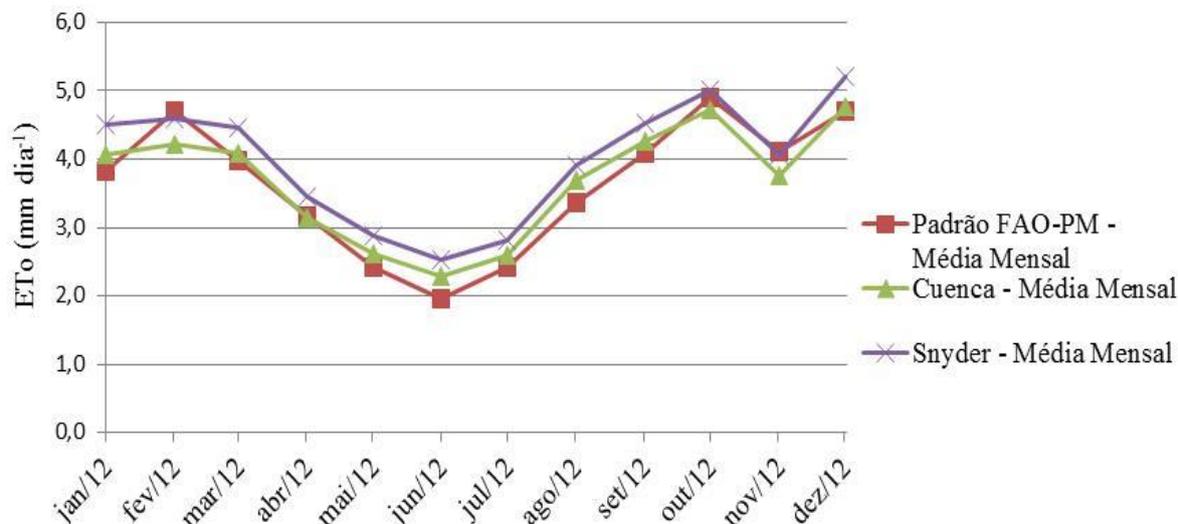


Figura 2. Valores médios mensais da ETo estimada pelo método de Penman-Monteith-FAO, e os obtidos pelo método TCA com os diferentes Kp's.

Na distribuição anual dos dados, os modelos estudados superestimaram a ETo observada com o método padrão Penman-Monteith-FAO, entre os meses de março a outubro. Vescove e Turco (2005) também verificaram que o método do TCA superestimou os valores de ETo calculados pelo método de Penman-Monteith-FAO nos períodos de verão-outono e inverno-primavera.

CONCLUSÕES

É possível estimar a ETo a partir dos métodos de obtenção do Kp propostos. As duas metodologias estudadas para obtenção do Kp forneceram resultados medianos para estimativa de ETo quando comparadas ao método padrão. Tendo em vista que neste trabalho não houve manipulação nos dados, com retirada de dias de chuva, os resultados foram satisfatórios.

AGRADECIMENTOS

Ao FNDE e a CAPES pelas bolsas concedidas aos estudantes envolvidos na pesquisa, e à FAPEMIG pelo apoio financeiro concedido.

REFERÊNCIAS

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**, Santa Maria, v.16, n.1, p.49-57, 2008.



XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia



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

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

ESTEVES, B.S.; MENDONÇA, J.C.; SOUSA, E.F.; BERNARDO, S. Avaliação do Kt para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.3, p.274–278, 2010.

MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; DIAS, G. P.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 275-279, 2003.

OLIVEIRA, G.M.; LEITAO, M.M.V.B.R.; BISPO, R.C.; SANTOS, I.M.S.; ALMEIDA, A.C. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referencia na região Norte da Bahia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4, n.2, p.104–109, 2010.

SILVA, V. J. et al. Desempenho de diferentes métodos de estimativa da Evapotranspiração de referência diária em Uberlândia, MG. **Journal Bioscience**, v. 27, n. 1, p. 95-101, 2011.

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

VESCOVE, H. V.; TURCO, J. E. P. Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara – SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 713-721, 2005.

WILLMOTT, C.J. On the validation of models. **Physical Geography**, v.2, p.184-194, 1981.

