

EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÁXIMA DO FEIJOEIRO, CV. GOIANO PRECOCE, EM FUNÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E DA EVAPORAÇÃO DO TANQUE CLASSE A

Nilson Augusto VILLA NOVA¹ e Paulo Cesar SENTELHAS²

RESUMO

A evapotranspiração máxima de uma cultura (ET_c) é dependente de uma série de fatores biológicos e ambientais. O índice de área foliar (IAF) é o mais importante fator biológico, representando o tamanho da superfície evapotranspirante, enquanto que a evaporação do tanque Classe A (ECA) é um indicador da demanda hídrica da atmosfera. Utilizando essas duas variáveis e aplicando a análise de regressão linear múltipla ($ET_c = a + b.IAF + c.ECA$), verificou-se que essa relação representa adequadamente os valores medidos da evapotranspiração máxima do feijoeiro, cv. Goiano Precoce, nas diferentes fases de seu desenvolvimento. Este método elimina a necessidade da calibração local, ou seja, a necessidade de se conhecer os valores do coeficiente do tanque (K_p) e da cultura (K_c) para converter ECA em ET_c . Os valores obtidos para os coeficientes da regressão múltipla foram: $a = -0,755$; $b = 0,544$; e $c = 0,813$, sendo $R^2 = 0,85$. Na avaliação do método, obteve-se boa precisão ($R^2 = 0,85$) e elevada exatidão ($a = 0$ e $b = 1,0$), sendo uma opção prática para a obtenção da ET_c , sem necessidade de informações meteorológicas.

PALAVRAS-CHAVE: Lisímetro, irrigação e demanda atmosférica.

INTRODUÇÃO

De acordo com recomendações em uso (Doorenbos & Kassam, 1979), pode-se estimar a demanda de água de uma cultura em condições não restritivas de água no solo, em cada fase de desenvolvimento (ET_c), também denominada de evapotranspiração máxima, uma vez que se conheça o coeficiente de cultura de cada fase (k_c), pela relação:

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (1)$$

¹ Dr., Professor Associado. Departamento de Ciências Exatas, ESALQ/USP, Caixa Postal 9, 13418-900, Piracicaba, SP.

² Dr., Professor Doutor. Departamento de Ciências Exatas, ESALQ/USP. E-mail: pcsentel@carpa.ciagri.usp.br.

O valor de ET_o , sendo definido como a evapotranspiração de referência, significa a perda de água que uma cultura de grama em plena fase de desenvolvimento sofre, desde que sem restrição de água no solo e no centro de uma área úmida. Assim sendo, a evapotranspiração seria função apenas das trocas verticais de temperatura, umidade e energia, sendo nulas as trocas horizontais (divergências horizontais nulas). Inúmeros métodos foram desenvolvidos para o cálculo de ET_o , destacando-se entre eles Penman (1956), Monteith (1965), pela consistência teórica, e os métodos de Thornthwaite (1948), Camargo (1971) e do tanque Classe A (Doorenbos & Kassam, 1979), pela praticidade que apresentam. Dentre todos estes métodos, somente o do tanque Classe A apresenta fator de correção para a advecção. Assim, ao utilizarmos os dados climáticos de uma região árida para estimar a ET_o por meio de fórmulas estaremos sempre cometendo erros de estimativa conforme demonstra o trabalho de Sentelhas (1998), tanto pelo efeito advectivo como pelo próprio controle estomático da cultura que sempre existe quando a demanda atmosférica é maior do que o fluxo permitido pela condutividade hidráulica do sistema solo-planta.

Neste último aspecto, o método do tanque Classe A, parece-nos superior aos demais, pois inclui o fator de correção K_p (denominado coeficiente de tanque), que foi determinado em função de medidas de ET_o , realizadas em diferentes condições de demanda atmosférica, caracterizadas pela umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento (U), fatores que interferem diretamente no controle estomático (Doorenbos & Pruitt, 1977). Sendo uma vez determinado o valor de ET_o , por qualquer dos métodos, define-se na prática, de acordo com a Equação (1), um valor de K_c , que usualmente é definido pelo porte da cultura, ou densidade de cobertura do terreno (Doorenbos & Kassam, 1979), sem fazer alusão ao índice de área foliar, que obviamente é o principal coletor de energia atmosférica.

Tentando eliminar a necessidade de determinação dos coeficientes K_p e K_c , Pereira et al. (1995), Villa Nova et al. (1996), André & Ferraudo (1997) e Albuquerque et al. (1997), empregaram a análise de regressão múltipla para a estimativa de ET_c , utilizando como variáveis independentes a evaporação do tanque Classe A (ECA) e o índice de área foliar (IAF). O método proporcionou bons resultados para as culturas da batata, cana-de-açúcar, milho, alface e feijão. Apesar disso, os coeficientes estatísticos obtidos para cada regressão são válidos para o local em questão, variando também de acordo com a espécie e variedade/cultivar.

O objetivo deste trabalho foi determinar a relação entre a ET_c do feijoeiro, cultivar Goiano Precoce, o índice de área foliar (IAF) e a evaporação do tanque Classe A (ECA), para obtenção dos coeficientes do modelo $ET_c = a + b.IAF + c.ECA$, proposto por Villa Nova et al. (1996).

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos em condições de campo por Pavani (1985), no município de Jaboticabal, SP (Lat.: 21°15'22" S; Long.: 48°18'58" W; Alt.: 575m). No experimento utilizou-se a cultivar Goiano Precoce, que foi cultivada em dois lisímetros (2,0x2,0x0,615m) de lençol freático constante, instalados numa área de 216m² (18x12m), de onde obteve-se os valores de ETc. A cultura foi semeada no dia 17 de junho de 1985. Os dados de ECA foram obtidos junto a uma estação evaporimétrica próxima do experimento. Ao longo do experimento determinou-se o IAF, através de amostragens não destrutivas, a intervalos que variaram de 3 a 4 dias.

Procurou-se definir o valor de ETc de maneira idêntica aquela realizada por Villa Nova et al. (1996) para a cultura da cana-de-açúcar, em função do IAF e da ECA, sem utilização dos valores de Kp e Kc. Os dados apresentados na Tabela 1 foram utilizados na determinação dos coeficientes linear (**a**) e angulares (**b** e **c**) da regressão linear múltipla entre ETc, IAF e ECA, como segue:

$$ETc = a + b.IAF + c.ECA \quad (2)$$

Tabela 1. Valores de ETc e IAF obtidos para a cultura do feijoeiro, cv. Goiano Precoce, e de ECA, utilizados no presente estudo.

Data de amostragem	DAE*	ETc (mm.d ⁻¹)	IAF	ECA (mm.d ⁻¹)
23/07	25	3,7	0,37	5,6
26/07	28	3,5	0,47	5,2
30/07	32	4,4	0,57	6,1
02/08	35	4,9	0,82	5,9
06/08	39	5,1	1,36	6,1
09/08	42	5,1	1,70	6,1
13/08	46	6,0	2,14	6,8
16/08	49	5,7	2,36	6,4
23/08	56	6,1	2,63	6,7
30/08	63	4,1	2,14	5,4
03/09	67	4,6	1,55	5,4
06/09	70	6,2	1,13	7,8
10/09	74	6,7	0,43	8,3
13/09	77	6,2	0,28	8,8

DAE = dias após a emergência.

Os dados também foram utilizados para a determinação dos valores de Kc, em função da ECA, denominado Kca, dado por:

$$Kca = \frac{ETc}{ECA} \quad (3)$$

ou substituindo (2) em (3):

$$Kca = \frac{a}{ECA} + \frac{b \cdot IAF}{ECA} + c \quad (4)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como já foi demonstrado por vários autores para as culturas de cana-de-açúcar (Villa Nova et al., 1996), de milho (Villa Nova et al., 1996; André & Ferraudo, 1997), de batata (Pereira et al., 1995), de alface (Villa Nova et al., 1996) e de feijão (Albuquerque et al., 1997), o método de regressão linear múltipla para estimativa da ETc, a partir do fator biológico (IAF) e do ambiental (ECA), também se mostrou viável para a cultura do feijão, cultivar Goiano Precoce.

Os coeficientes linear (**a**) e angulares (**b** e **c**) determinados para a cultivar Goiano Precoce, respectivamente, -0,755, 0,544 e 0,813, resultando no seguinte modelo de estimativa da ETc:

$$ETc = -0,755 + 0,544 \cdot IAF + 0,813 \cdot ECA \quad (R^2 = 0,85) \quad (5)$$

Como era de se esperar, os valores dos coeficientes da regressão são diferentes dos obtidos por Albuquerque et al. (1997), para a cultivar Capixaba Precoce, sendo essa mais vigorosa com o IAF chegando a valor máximo de 4,9, com $b = 0,8368$, ao passo que a cultivar utilizada neste estudo não apresentou IAF superior a 3, o que justifica o valor inferior de b , igual 0,544, visto que esse coeficiente indica a interação da planta com a atmosfera. A Figura 1 mostra a relação entre a ETc medida e estimada pelo método da regressão.

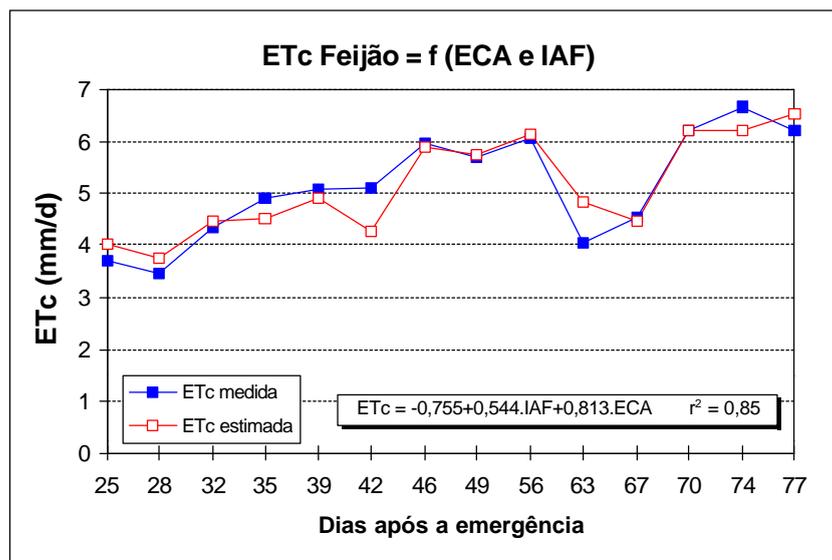


Figura 1. ETc medida e estimada, para a cultivar Goiano Precoce, em Jaboticabal, SP.

A boa correlação existente entre a ETc medida em lisímetro e estimada pela Eq. (5) também pode ser observada na Figura 2, onde verifica-se o ajuste das estimativas em relação aos valores

medidos. Observa-se que tanto a exatidão ($b = 1,0006$) como a precisão ($R^2 = 0,8545$) das estimativas foram elevadas, e dentro da ordem de grandeza encontrada para outras culturas e cultivares de feijão, valendo destacar que a estimativa de ETc por este método independe do conhecimento dos valores de Kp e Kc, exigidos pela metodologia convencional.

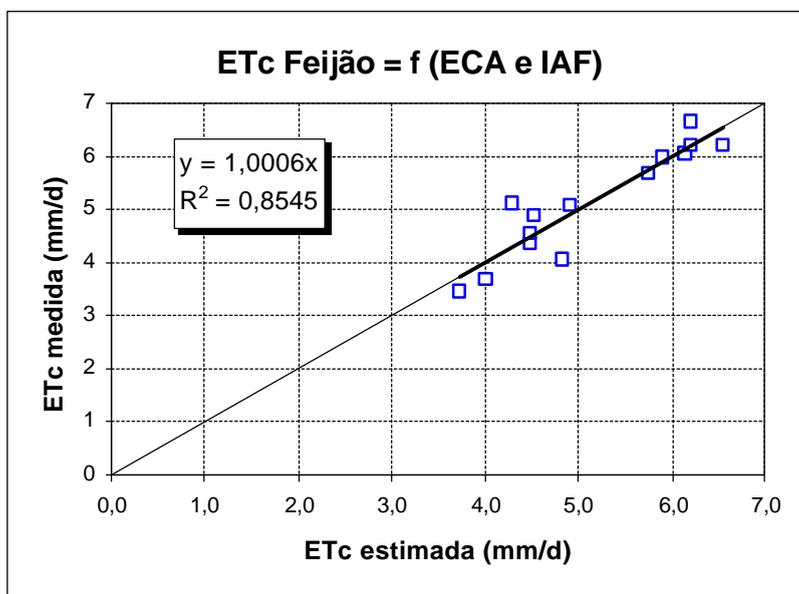


Figura 2. Relação entre a ETc medida e a estimada pelo método da regressão linear múltipla, para a cultivar Goiano Precoce, em Jaboticabal, SP.

Com relação ao Kca, pela Eq. (4), pode-se observar que para um dado valor de IAF, um aumento da ECA irá proporcionar uma diminuição de Kca, o que se observa em situações de elevada demanda evaporativa da atmosfera (valor elevado de ECA), em função das restrições impostas pela planta. Os valores medidos de Kca variaram de 0,66 a 1,01, ao passo que os valores estimados variaram de 0,71 a 0,91, para o período compreendido entre o 25º e 77º dia após a emergência. Ao se comparar esses valores aos preconizados pela FAO (Doorenbos & Pruitt, 1975), que não levam em consideração o IAF e se aplicam à obtenção da ETc através da multiplicação com a evapotranspiração de referência (ETo), verifica-se que os valores de Kc, para o mesmo período analisado, variam de 0,8 a 1,2, o que corresponde à mesma ordem de grandeza, levando-se em consideração que o Kp durante a época do experimento variou de 0,8 a 0,85.

CONCLUSÕES

1. Considerando-se que o método proposto para a determinação de ET_c integra as condições de clima local e de desenvolvimento vegetativo da cultura, o mesmo nos parece ser viável para condições climáticas similares às aquelas observadas no experimento e para a cultivar Goiano Precoce;
2. Sendo comum, na prática, a adoção de lâminas de irrigação correspondentes a frações da evaporação do tanque Classe A, por ser um método simples, sem a necessidade de um grande número de equipamentos de medida de elementos do clima, a racionalização desta conduta, através do método proposto, se mostra de grande valor prático.

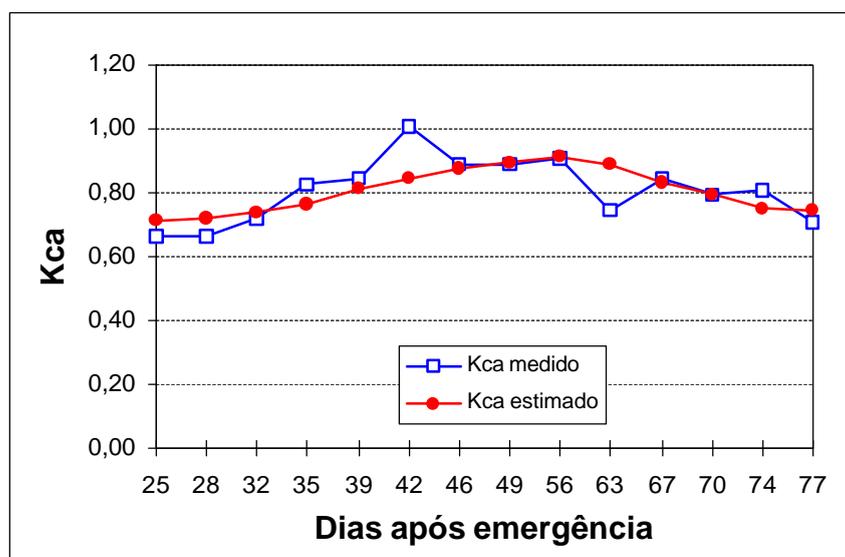


Figura 3. Kca medido e estimado para a cultura do feijoeiro, cultivar Goiano Precoce, em Jaboticabal, SP.

BIBLIOGRAFIA

- ALBUQUERQUE, P.E.; KLAR, A.E.; GOMIDE, R.L. Estimativa da evapotranspiração máxima do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em função do índice de área foliar e da evaporação do tanque Classe A. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.2, p.183-187, 1997.
- ANDRÉ, R.G.B.; FERRAUDO, A.S. Aspectos hídricos da cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, Piracicaba, 1997. Anais. SBA: Piracicaba, p.629-631, 1997.
- CAMARGO, A.P. **Balço hídrico no Estado de São Paulo**. 3.ed. Campinas, IAC. 1971. 24p.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 144p. (Irrigation and Drainage paper, 24).

- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efectos del agua en rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 212p. (Riego y Drenage, 33).
- MONTEITH, J.L. Evaporation and Environment. **Symp. Soc. Expl. Biol.**, v.19, p.205-234, 1965.
- PAVANI, L.C. Evapotranspiração e produtividade em feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Goiano Precoce), sob três níveis de potencial de água no solo. Piracicaba, 1985. 170p. Tese (Dr.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- PENMAN, H.L. Evaporation: na introductory survey. **Neth. J. Agric. Sci.**, v.4, p.9-29, 1956.
- PEREIRA, A.B.; VILLA NOVA, N.A.; TUON, R.L.; BARBIERI, V. Estimativa da evapotranspiração máxima da batata nas condições edafoclimáticas de Botucatu - SP, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.3, n.1, p.53-58, 1995.
- SENTELHAS, P.C. Estimativa diária da evapotranspiração de referência com dados de estação meteorológica convencional e automática. Piracicaba, 1998. 97p. Tese (Dr.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geogr. Rev.**, v.38, p.55-94, 1948.
- VILLA NOVA, N.A.; PEREIRA, A.R.; BARBIERI, V. Evapotranspiration as a function of leaf area index and class A pan evaporation. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.4, n.2, p.35-37, 1996.