

ADAPTAÇÃO E AVALIAÇÃO DE EVAPOTRANSPIRÔMETROS PARA A OBTENÇÃO DO COEFICIENTE DE CULTURA BASAL (kcb) DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)

Gerson Araujo de Medeiros

Departamento de Água e Solo, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, C. P. 6011, CEP 13.081-490, Campinas-SP.
E-mail: gerson@agr.unicamp.br

Flavio Bussmeyer Arruda

Seção de Irrigação e Drenagem, Instituto Agrônômico, C. P. 28, CEP 13.001-970, Campinas - São Paulo. E-mail:
farruda@cec.iac.br

1 RESUMO

O estudo do coeficiente de cultura (kc) tem ganho grande impulso ao seu entendimento e estimativa, quando feito o seu desmembramento em coeficiente de cultura basal (kcb), dependente do desenvolvimento da planta, em um coeficiente solo-planta (ka), dependente do déficit de água no solo, e um coeficiente relacionado ao molhamento da superfície do solo (ks). Uma avaliação das condições de solo e planta foi realizada em quatro evapotranspirômetros de nível freático constante e em um experimento de campo com feijoeiro semanalmente irrigado sob duas densidades de plantio. O trabalho foi conduzido no Instituto Agrônômico, Campinas, no período de agosto a novembro de 1994, em um solo argiloso. A fim de se evitar a evaporação direta do solo foi aplicada sobre a superfície de cada evapotranspirômetro uma camada de 1 cm de areia sob uma outra de 1 cm do solo original da área. Observações visuais, crescimento de planta e monitoramento da tensão de água no solo nas profundidades de 5 e 10 cm nos evapotranspirômetros, mostraram que a tensão nunca excedeu a 10 kPa em ambas as profundidades. A resistência estomática, nos evapotranspirômetros, variou de 0,4 a 1,0 s.cm⁻¹, durante a maior parte do ciclo, excetuando-se a fase de senescência, nas condições de cultura irrigada essa variação foi de 0,5 a 2,7 s.cm⁻¹. Desta forma, as condições exigidas para a obtenção do coeficiente de cultura basal, como recomendadas por Wright (1981), foram satisfeitas, e nas condições de campo essas não se mantiveram, mesmo em feijoeiro irrigado.

UNITERMOS : coeficiente de cultura, evapotranspirômetro, evapotranspiração, feijoeiro.

MEDEIROS, G. A., ARRUDA, F. B. Adaptation and evaluation of evapotranspirometer to determine the basal crop coefficient (kcb) of beans.

2 ABSTRACT

Crop coefficient (kc) studies has gained a better understanding when it was decomposed in basal crop coefficient (kcb), dependent on crop development, in a soil-plant coefficient (ka), dependent on soil water deficit, and in a coefficient related to soil surface wetting (ks). An evaluation of soil and plant conditions was performed in a four constant water table type of evapotranspirometer and in a field experiment with two planting population densities of beans weekly irrigated (60 kPa at 15 cm). The work was conducted in the Institute Agronomic, Campinas, SP, from August to November of 1994, in a clayed tropical soil. In order to avoid direct soil evaporation it was applied an 1 cm layer of sand below an other 1 cm of original soil on surface of each evapotranspirometer. Visual observations, plant growth and monitoring soil water tension at 5 cm and 10 cm in the evapotranspirometers showed that tension never exceeded 10 kPa at both positions. Leaf stomata resistance of evapotranspirometer plants ranged from 0.4 to 1.0 s.cm⁻¹ most of the crop life compared to 0.5 to 2.7 s.cm⁻¹ of field irrigated plants. It was concluded that the evapotranspirometers were able to maintain a high water supply to a crop with reduced direct soil evaporation, as recommended by Wright (1981), to determine basal crop coefficient, a situation rather difficult to ascertain in the field even for irrigated beans.

KEY-WORDS: crop coefficient, evapotranspirometer, evapotranspiration, bean.

3 INTRODUÇÃO

Nas duas últimas décadas tem-se difundido o uso de evapotranspirômetros para a avaliação do consumo de água e determinação do coeficiente de cultura para diferentes culturas, dentre outras a do feijoeiro (Encarnação, 1981; Pavani, 1985; Khan et al., 1993). Nesses trabalhos as curvas de cultura são determinadas em função da idade da planta, como sugerido pela FAO (Doorenbos & Pruitt, 1976; Doorenbos & Kassan, 1979).

Uma das principais limitações para a utilização das curvas de coeficiente de cultura derivadas de trabalhos desenvolvidos em evapotranspirômetros é a transferibilidade dessas curvas para as condições de campo.

Nos evapotranspirômetros as condições são distintas daquelas encontradas nas lavouras irrigadas e influenciam tanto a taxa de crescimento quanto o consumo de água das plantas. Nas condições de campo o solo e a cultura terão períodos de máxima perda de água, logo após a chuva e irrigação, e períodos em que esta perda sofrerá reduções devido à limitação de

água no solo. O entendimento dessas diferentes situações teve um avanço quando o coeficiente de cultura (k_c) foi desmembrado em componentes relacionadas ao crescimento das plantas e ao molhamento e secamento do solo, como o proposto por Wright (1981):

$$k_c = k_{cb} * k_a + k_s \quad (1)$$

onde, k_{cb} é o coeficiente de cultura basal, obtido quando a evaporação do solo é mínima mas com uma umidade adequada na zona das raízes, não limitando a transpiração da planta; k_a é o coeficiente redutor da transpiração relacionado à disponibilidade de água no solo; e k_s é o coeficiente de incremento da evaporação relacionado ao molhamento da superfície do solo.

Tentativas de modelagem dos termos dos termos k_{cb} , k_a , k_s tem sido feitas de forma empírica por alguns autores, inclusive Wright (1981) e (1982), Phene et al. (1985), Kerr et al. (1993) entre outros.

Wright (1982) apresentou uma série de curvas de coeficiente de cultura basal para as espécies vegetais comerciais. Esse trabalho influenciou grandemente os estudos sobre coeficiente de cultura nos Estados Unidos, levando a uma proliferação de curvas do coeficiente de cultura seguindo essa abordagem, em vários locais (Stegman, 1988).

Um outro aspecto importante com relação ao consumo de água da cultura é abordado por Arruda (1987). Esse autor, baseado em análise de Wit (1958) e Arkley (1963), afirma que para se obter máximas produções de biomassa e possivelmente grãos, deve-se também maximizar a transpiração da planta. Desta forma, o manejo de irrigação deve evitar a ocorrência do déficit hídrico que venha a impor restrições à taxa de transpiração da planta, especialmente no período crítico, para que não ocorra decréscimo na produção. Portanto, a determinação de k_{cb} pelos trabalhos de pesquisa é mais pertinente do que k_c , pois reflete melhor às condições experimentais a que a cultura foi submetida. Para as situações de cultivo comercial, k_c deve ser estimado a partir de k_{cb} e do manejo da água (Medeiros & Arruda, 1996).

A condição proposta por Wright (1981) para a determinação do coeficiente de cultura basal, ou seja, evaporação mínima do solo, porém com um suprimento de água adequado para a planta, não limitando o seu desenvolvimento ou transpiração, é difícil de ser mantida em condições de campo, mesmo em lavouras irrigadas.

O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar parâmetros ligados a solo e planta durante o ciclo da cultura do feijoeiro, semeado em evapotranspirômetros de nível constante de lenço freático, a fim de verificar se as condições de suprimento de água no solo atendiam às condições exigidas por Wright (1981) na definição de k_{cb} .

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Centro Experimental de Campinas (CEC), na área de pesquisa da Seção de Irrigação e Drenagem, do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo (IAC). As coordenadas do local são longitude de 47°04'43"W e latitude de 22°52'00"S. O clima da região é do tipo Cwa, de acordo com a classificação de Köppen. O solo da área do experimento foi classificado como Latossolo Roxo distrófico A moderado, muito argiloso, unidade Barão Geraldo, de acordo com a Seção de Pedologia do IAC.

O ensaio foi realizado com a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), variedade Carioca 80-SH, semeada em duas condições distintas: ensaio de campo e em evapotranspirômetros.

A primeira condição, de campo, foi realizada com o emprego da irrigação, utilizando-se de dois espaçamentos, 50 e 100 cm, correspondentes às populações de 28 e 14 plantas.m⁻², respectivamente, num delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições por tratamento. As parcelas tinham dimensões de 13 por 13 m, inseridas em uma área de aproximadamente 1 ha de feijão irrigado. O fornecimento de água para a cultura semeada nas parcelas experimentais foi efetuado através de irrigação, utilizando de um sistema de aspersão convencional de média pressão. Adotou-se um manejo de irrigação semanal, porém não se permitiu que a tensão de água no solo ultrapassasse a 60 kPa. Este valor correspondeu a 50% da água disponível, na profundidade de 15 cm, conforme recomendado por Halterlein (1983) e outros.

O monitoramento da tensão de água no solo foi feito em todas as parcelas, por meio de tensiômetros, com manômetros de mercúrio, instalados nas profundidades de 10, 20, 30, 40 e 50 cm para ambos os tratamentos, e pelo método gravimétrico na superfície.

A segunda condição de ensaio correspondeu ao plantio em evapotranspirômetros, com quatro repetições, inseridos na mesma área de 1,0 ha. Realizou-se a semeadura com um espaçamento de 27,5 cm, correspondendo a uma população de 50 plantas.m⁻². Aos 25 dias após a emergência (DAE) fez-se um desbaste reduzindo-se a população nos evapotranspirômetros pela metade. A germinação tanto nas condições de campo como nos evapotranspirômetros ocorreu em 26/08/1994.

Os evapotranspirômetros, cujo princípio de funcionamento é descrito em Aboukhaled et al. (1982), consistiam de caixas d'água com 1.000 litros de capacidade, e uma área de exposição de 1,41 m² cada, onde foi mantido um nível constante de lençol freático 45 cm abaixo da superfície do solo, durante todo o ciclo. O esquema de instalação dos evapotranspirômetros é apresentado na Figura 1.

Para diminuir a perda direta por evaporação e manter a superfície do solo totalmente seca, colocou-se uma camada de aproximadamente 1,0 cm de areia sobre a superfície de terra da caixa. A seguir recobriu-se essa camada de areia com uma camada de aproximadamente 1,0 cm de terra, a fim de se manter as características ópticas do solo original. Desta forma, procurou-se dar as condições de determinação de k_{cb} , conforme preconizada por Wright (1981).

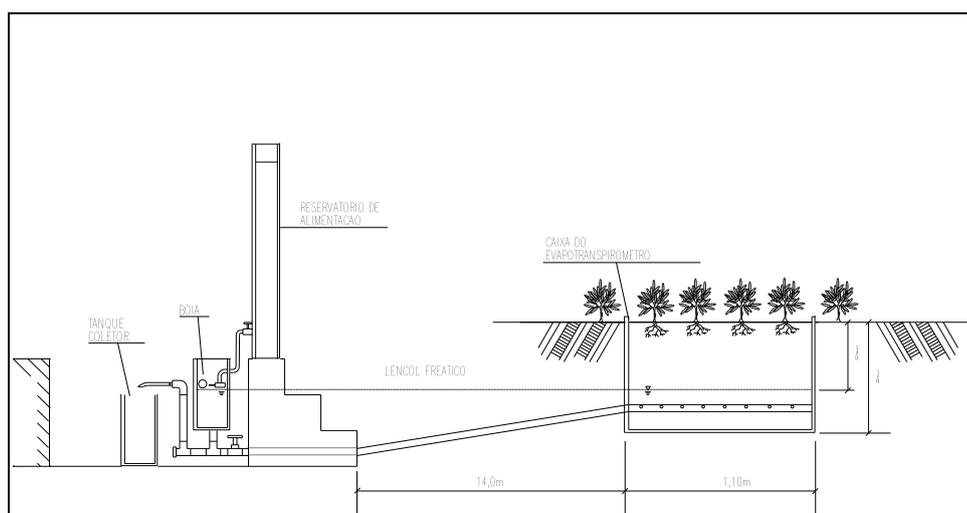


Figura 1. Esquema de instalação da estação evapotranspirométrica.

O efeito indesejável do molhamento da superfície do solo pelas chuvas e irrigação foi evitado cobrindo-se temporariamente as plantas. Deste modo, os termos drenagem profunda, precipitação e irrigação foram eliminados da equação do balanço hídrico. Os balanços foram feitos em intervalos de cinco dias, suficiente para se desprezar a variação de armazenamento de água no solo.

A presença do lençol freático resultou em elevada umidade no perfil do solo nos evapotranspirômetros. Em vista disso, o monitoramento da tensão de água no solo foi feito em duas profundidades, a 5 e 10 cm, respectivamente com células de sensor do tipo Colman e tensiômetros.

Medidas diretas de resistência estomática à difusão de vapor d'água foram realizadas, em épocas escolhidas, na cultura do feijoeiro, em todas as parcelas experimentais e nos evapotranspirômetros, utilizando-se de um porômetro de equilíbrio dinâmico LICOR LI-1600. As medidas foram realizadas no horário de maior temperatura do dia, a partir das 13:30 até as 14:30, em folhas recém-expandidas, maduras, do topo do dossel vegetativo, expostas a pleno sol e, quando possível, orientadas horizontalmente. Foram escolhidas ao acaso 8 plantas por tratamento no ensaio de campo e 2 plantas por evapotranspirômetro em cada amostragem, quando mediu-se a resistência estomática na face superior da folha (adaxial) e na face inferior (abaxial). O cálculo da resistência estomática total foi realizado, admitindo-se que as duas superfícies da folha atuem como resistores em paralelo, seguindo a lei de Ohm.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 A água no solo

Ao longo do ciclo da cultura ocorreram poucas precipitações. Foram realizadas, ao todo, 10 irrigações acumulando um valor de 234 mm, no ensaio de campo. Os resultados de tensão de água no solo para as profundidades de 10 e 20 cm, utilizadas para o manejo de irrigação, assim como os eventos de irrigação e precipitação ocorridos, são apresentados na Figura 2, para ambos os tratamentos.

A tensão média de água no solo na profundidade 0-50 cm, para todo o ensaio, foi de 14,1 kPa e 20,2 kPa para os tratamentos de 14 e 28 plantas.m⁻². Nas profundidades utilizadas para o manejo de irrigação (10 e 20 cm), poucas vezes a tensão de água no solo passou o nível crítico de 60 kPa. Esse fato evidencia que o déficit de água no solo não foi em nenhum período considerado elevado (Figura 2).

A Figura 3 apresenta os resultados de tensão de água no solo nos evapotranspirômetros. Os valores médios obtidos, para os evapotranspirômetros, mostram que a tensão de água no solo estimada esteve sempre abaixo de 10 kPa, durante todo o ciclo, sendo de 4,9 kPa a 5 cm de profundidade e 3,2 kPa a 10 cm de profundidade. Visto que houve um ótimo desenvolvimento das plantas, demonstra-se que o suprimento de água na zona radicular foi excelente.

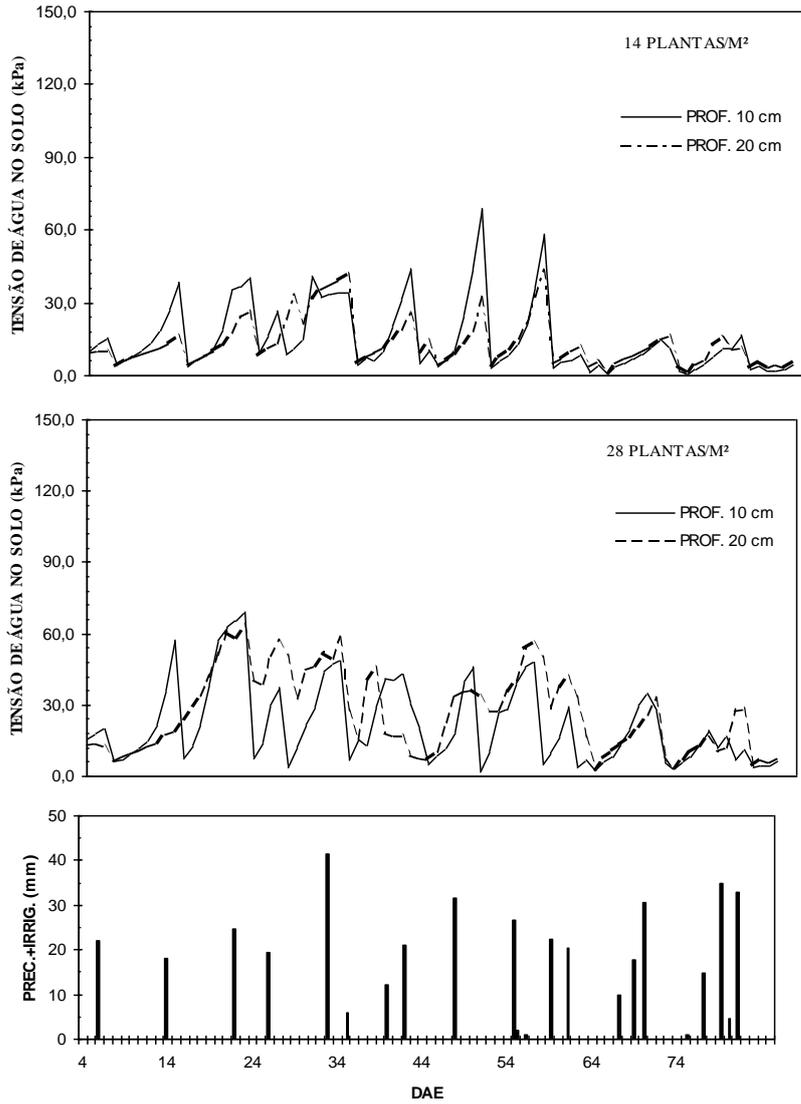


Figura 2. Tensão da água no solo nas profundidades de 10 e 20 cm, e eventos de precipitação e irrigação ocorridos durante o ciclo do feijoeiro, para os tratamentos de 14 e 28 plantas.m⁻², em Campinas - SP.

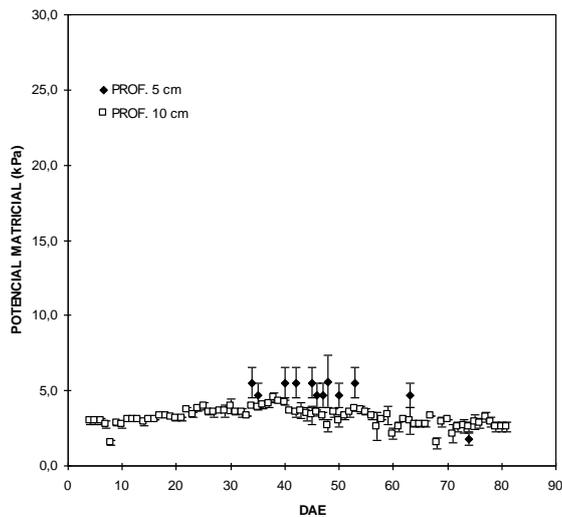


Figura 3. Tensão média de água no solo (kPa) e desvio padrão, determinada a 5 e 10 cm de profundidade nos evapotranspirômetros, através de sensor eletrométrico do tipo Colman e tensiômetros, respectivamente, em Campinas - SP.

Antes da incorporação da camada de areia, a superfície do solo mostrou-se visivelmente úmida com o lençol freático ajustado a 30 cm de profundidade. Quando o lençol foi rebaixado a 45 cm, a superfície do solo ainda mostrou-se desuniformemente úmida, com poucas áreas secas. A evapotranspiração medida, em ambas as situações, era próxima da evapotranspiração de referência (ET_0), calculada pelo método de Penman (Villa Nova & Ometto, 1981). Após a aplicação da camada de areia e de solo, a superfície do solo mostrou-se visivelmente e permanentemente seca, com imediata redução do valor medido em relação à ET_0 (Figura 4), aproximando-se das condições estabelecidas por Wright (1981) na definição de k_{cb} .

Fica evidente que a perda potencial de água do solo por evaporação direta da superfície úmida é uma fonte considerável de variação na obtenção de valores de evapotranspiração. A magnitude dos valores de k_c que podem ser inferido na Figura 4 sugere a necessidade de maior atenção ao termo de evaporação, induzido pelo molhamento da superfície do solo. Essas diferenças podem ser simuladas para situações práticas, conforme demonstrado por Medeiros & Arruda (1996).

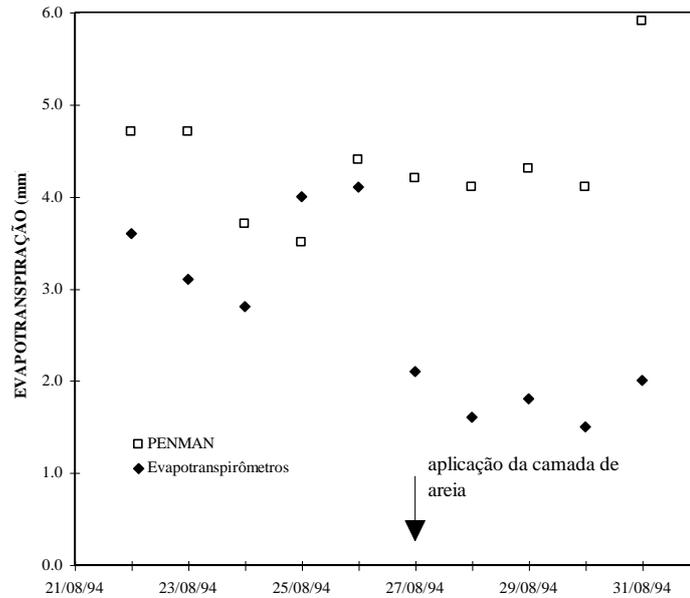


Figura 4. Variação média do consumo de água do feijoeiro antes e após a aplicação da camada de areia sobre a superfície dos evapotranspirômetros, no ano de 1994, em Campinas-SP.

5.2 Resistência estomática

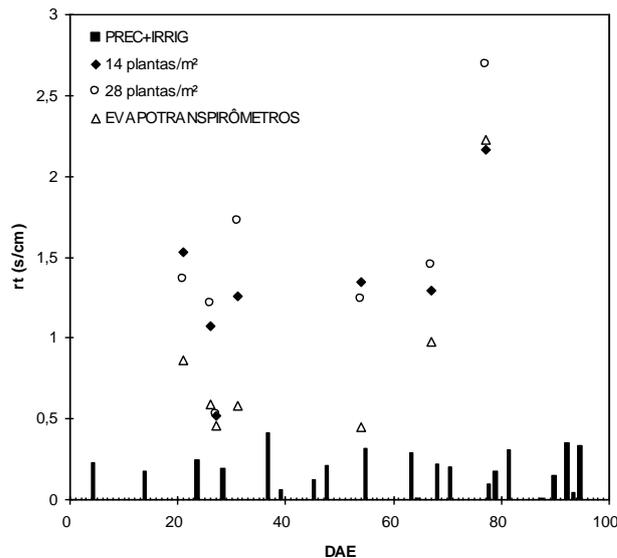


Figura 5. Resistência estomática total medida em folhas do feijoeiro, nas diferentes densidades de semeadura e nos evapotranspirômetros, no ano de 1994, em Campinas - SP.

Os resultados da determinação da resistência estomática total à difusão gasosa das folhas do feijoeiro, para as condições de cultura no campo e nos evapotranspirômetros, ao longo do ciclo da cultura do feijoeiro, são mostrados na Figura 5 e na Quadro 1.

No evapotranspirômetro os valores foram sempre mais baixos do que os tratamentos de campo, ambos variando entre 0,4 a 2,7 s.cm⁻¹. As medições de resistência estomática foram tomadas antes das irrigações, portanto, expressam os valores mais críticos de estresse hídrico.

Estes resultados estão dentro da faixa dos valores obtidos por outros autores que realizaram trabalhos com culturas de feijão irrigado. Sakai (1989) obteve os valores de resistência estomática total entre 0,5 e 5,2 s.cm⁻¹ para tratamentos irrigados de 100%, 75% e 50% de água disponível, também em Campinas. Bergamaschi (1984) obteve uma gama de valores entre 0,9 e 4,0 s.cm⁻¹ para feijão irrigado em Piracicaba - SP, nos horários de leitura utilizados neste ensaio.

Quadro 1. Valores médios e coeficiente de variação (CV) da resistência estomática total ao longo do ciclo da cultura do feijoeiro, no ano de 1994, em Campinas-SP.

DAE	Evapotr. (s.cm ⁻¹)	CV %	14 pl.m ⁻² (s.cm ⁻¹)	CV %	28 pl.m ⁻² (s.cm ⁻¹)	CV %
21	0.86	17	1.53	20	1.36	27
26	0.59	24	1.07	25	1.21	26
27	0.46	18	0.52	16	0.53	19
31	0.58	19	1.26	21	1.72	20
54	0.45	11	1.35	49	1.24	54
67	0.98	37	1.29	48	1.45	81
77	2.23	31	2.16	43	2.69	46

Körner et al. (1979) apresenta valores mínimos de referência para a resistência estomática, levantados por diversos autores, inclusive para a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), os quais variaram de 1,3 a 2,7 s.cm⁻¹, acima dos valores encontrados nesse trabalho.

A resistência estomática total mostrou-se variável ao longo do ciclo. Até 67 DAE o máximo valor de r_t atingido foi de 1,5 s.cm⁻¹ e 1,7 s.cm⁻¹ para os tratamentos de 14 e 28 plantas.m⁻², respectivamente. Nos evapotranspirômetros, nesse período, o maior valor observado foi 1,0 s.cm⁻¹.

Na última semana do ensaio houve um aumento na temperatura e da demanda evaporativa. Aliado ao início da senescência, resultou no aumento da resistência estomática e dos valores do coeficiente de variação.

Aos 77 DAE, similar aos outros tratamentos, a r_t nos evapotranspirômetros atingiu o máximo de 2,2 s.cm⁻¹, provavelmente devido às condições de senescência apresentadas pela cultura, visto que os valores de tensão de água no solo mantiveram-se abaixo de 10 kPa.

A variação de abertura de estômatos também ocorreu durante o intervalo entre o dia anterior a uma irrigação e o dia posterior à mesma, como se observa aos 26 e 27 DAE (Figura 5 e Quadro 1).

Aos 26 DAE, antes da irrigação, o valor de r_t era de 1,07 s.cm⁻¹ e 1,21 s.cm⁻¹ para os tratamentos de 14 e 28 plantas.m⁻², respectivamente. No dia seguinte, esses valores caíram para 0,5 s.cm⁻¹ para ambos os tratamentos, mostrando pronta recuperação do estresse hídrico moderado. Comparando-se os resultados de abertura de estômatos nos evapotranspirômetros com aquela medida nas condições de campo, no dia seguinte à irrigação, constatou-se que aos 27 DAE a resistência estomática total nas plantas semeadas nos evapotranspirômetros era a mesma daquelas obtidas junto aos tratamentos de densidade de semeadura, ou seja, 0,5 s.cm⁻¹.

Pelos resultados obtidos, pode-se concluir que o suprimento de água para a planta, nos tratamentos de densidade populacional, foi variável, de acordo com o período decorrido desde a irrigação. Porém, apesar da tensão de água no solo (Figura 2) indicar que as plantas não apresentaram condições de estresse hídrico severo, houve elevação nos valores de r_t (Figura 5) podendo ter afetado a transpiração da cultura. Contudo, essa elevação não deve ter sido suficiente para afetar a produção, visto que foram atingidos valores de 2.126 e 2.130 kg/ha para os tratamentos de 14 e 28 plantas.m⁻², considerados bons para condições de lavoura irrigada (Bulisani & Almeida, 1990).

A partir dos dados obtidos no monitoramento do potencial de água no solo (Figura 3) e abertura de estômatos (Figura 5), nos evapotranspirômetros pode-se concluir que o abastecimento de água para as plantas foi contínuo e de forma adequada. Um outro fato que comprova isso foi a produção de 3.209 kg/ha, a qual pode ser considerada muito boa, mesmo para condições de lavoura irrigada.

6 CONCLUSÕES

O monitoramento de água no solo e da resistência estomática nas folhas demonstraram que houve adequado e contínuo suprimento de água às plantas nos evapotranspirômetros, mas não nas condições de campo do feijoeiro irrigado. Conclui-se que as condições de umidade do solo e transpiração, aliado à modificação realizada nos primeiros centímetros de solo, tornaram os evapotranspirômetros adequados para a determinação do coeficiente de cultura basal, como definido por Wright (1981).

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao FAEP (Fundo de Apoio à Pesquisa) da UNICAMP pelo suporte financeiro ao trabalho, e ao Instituto Agrônomico, através da Seção de Irrigação e Drenagem, pelo apoio dos técnicos e pesquisadores.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOUKHALED, A., ALFARARO, A., SMITH, M. *Lysimeters*. Roma : FAO, 1982. 68 p. Paper n. 39.
- ARRUDA, F. B. Uso da água na produção agrícola. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 1987, Campinas. *Anais...* Campinas : Fundação Cargill, 1987. 226 p. p. 177-199.
- ARKLEY, R. J. Relationships between plant growth and transpiration. *Hilgardia*, v. 34, p. 559-84. 1963
- BERGAMASCHI, Homero *Perda de água e desenvolvimento do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) sob diferentes condições da disponibilidade hídrica no solo e da atmosfera*. Piracicaba : ESALQ, 1984. 204 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1984.
- BULISANI, E. A., ALMEIDA, L. D'. Feijão : *Phaseolus vulgaris* L. In: JORGE, J. A., LOURENÇÃO, A. L., ARANHA, C. (ed.). *Instruções agrícolas para o Estado de São Paulo*. 5. ed. Campinas, SP : Instituto Agrônomico, 1990. 233 p. p. 94 - 95. (Boletim, 200)
- DOORENBOS, J., PRUITT, W. O. *Las necesidades de agua de los cultivos*. Roma : FAO, 1976. 194 p. Paper n. 24.
- DOORENBOS, J., KASSAN, A. H. *Yield response to water*. Rome : FAO, 1979. 193 p. Paper n. 33.
- ENCARNAÇÃO, C. R. F. da. *Estudo da demanda hídrica de água do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) var. Goiano Precoce*. Piracicaba : ESALQ, 1980. 62 p. Tese (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1980.
- HALTERLEIN, A. J. Bean. In : TEARE, I. D., PEET, M. M. *Crop water relations*. New York : John Wiley & Sons, 1983. p. 157-186.
- KERR, G., POCHOP, L., FORNSTROM, K. J., KRALL, J. M., BROWN, D. Soil water and ET estimates for a wide range of rainfed and irrigated conditions. *Agricultural and Water Management*, Amsterdam, Netherlands, v. 24, p. 147-159, 1993.
- KHAN, B. R., MAINUDDIN, M., MOLLA, M. N. Design, construction and testing of a lysimeter for a study of evapotranspiration of different crops. *Agricultural and Water Management*, Amsterdam, Netherlands, v. 23, p. 183-197, 1993.
- KÖRNER, Ch., SCHEEL, J. A., BAUER, H. Maximum leaf diffusive conductance in vascular plants. *Photosynthetica*, Tchecoslovaquia, Praga, v. 13, p. 45-82, 1979.
- MEDEIROS, G. A. & ARRUDA, F. B. The influence of the crop canopy on water consumption and crop coefficient of bean crop. In: AgEng96, International Conference on Agricultural Engineering. *Anais...* Madrid, 23 a 26 de setembro de 1996c. p. 619-620,.
- PAVANI, L. C. *Evapotranspiração e produtividade em feijoeiro comum (Phaseolus vulgaris L. var. Goiano Precoce) sob três níveis de potencial de água no solo*. Piracicaba : ESALQ, 1985. 171 p. Tese (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1985.
- PHENE, C. J., MEEK, D. W., DAVIS, K. R. et al. Real time crop evapotranspiration and determination of crop coefficients. In : *Advances in evapotranspiration*. St Joseph, MI : ASAE, 1985. 453 p. p. 122-129.
- SAKAI, E. *Balanco hídrico e energético na cultura irrigada do feijoeiro em Latossolo Roxo*. Piracicaba : ESALQ, 1989. 121p. Tese (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1989.
- STEGMAN, E. C. Corn crop curve comparasions for the central and northern plains of the U. S. *Applied Engineering in Agriculture*, v. 4, n. 3, set 1988.

- VILLA NOVA, N. A. & OMETTO, J. C. Adaptação e simplificação do método de Penman às condições climáticas do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 4., Fortaleza, 1981. Anais. Fortaleza. ABRH, 1981. v. 3., p. 281-99.
- WIT, C. T. *Transpiration and crop yields*. Verslag. van Landbouwk. Onderzoek, n. 646. 88 p. 1958.
- WRIGHT, J. L. New evapotranspiration crop coefficients. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, Proceedings of the ASCE, New York, v. 108, n. IR1, p. 57-74, mar 1982.
- WRIGHT, J. L. Crop coefficients for estimates of daily crop evapotranspiration. In: IRRIGATION SCHEDULING FOR WATER & ENERGY CONSERVATION IN THE 80'S, 1981, Chicago. Proceedings of the Irrigation Scheduling Conference. St Joseph : ASAE, 1981. 231 p. p. 18-26.