

ISSN 0104-1347

## Necessidades hídricas da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) na baixada Cuiabana<sup>1</sup>

Water needs for common bean's (*Phaseolus vulgaris*, L.) crop in the region of Cuiabá, state of Mato Grosso, Brazil

Samir Curi<sup>2</sup> e José Holanda Campelo Júnior<sup>3</sup>

**Resumo** - O trabalho teve como objetivo determinar a necessidade de água da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao longo do ciclo, nas condições da Baixada Cuiabana, durante o período seco do ano e comparar métodos de estimativa da evapotranspiração máxima. Foi conduzido um ensaio na Fazenda Experimental da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade Federal de Mato Grosso, localizada no Município de Santo Antônio do Leverger, Estado de Mato Grosso, distante 35km de Cuiabá, em condições de clima Aw, segundo a classificação de Koeppen. Na determinação da evapotranspiração máxima (ET<sub>m</sub>) do feijoeiro foram utilizados 6 lisímetros de nível freático constante, mantido a 50cm da superfície durante todo o decorrer do experimento. Para estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) usou-se o método proposto por PENMAN (1948), Penman-Monteith, evaporação medida por meio do Tanque Classe A e evapotranspiração de referência medida em lisímetro de drenagem cultivado com grama (*Paspalum notatum* L.). Foram realizadas as seguintes avaliações adicionais: caracterização dos estádios fenológicos da cultura, índice de área foliar, altura do dossel vegetativo e produção de grãos. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa entre as estimativas de ET<sub>o</sub>. A ET<sub>m</sub> média diária para o ciclo da cultura foi de 5,2mm.dia<sup>-1</sup>, variando de 1,7 a 9,6mm.dia<sup>-1</sup>. O consumo médio acumulado de água no ciclo foi de 415,6mm. O coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>) médio, obtido pela razão entre ET<sub>m</sub> e ET<sub>o</sub> pelo método de lisímetro de drenagem variou no ciclo da cultura de 0,37 a 1,79. Para as condições desta pesquisa, a evapotranspiração máxima para o feijoeiro, cultivar Jalo Precoce pode ser estimada por meio do K<sub>c</sub> e da ET<sub>o</sub> e por meio de equações empíricas, em que se utilizem a ET<sub>o</sub> e o índice de área foliar (IAF) ou altura (hc), ou por meio da aplicação da equação de Penman-Monteith, utilizando-se os valores de hc e IAF ao longo do ciclo. Entre esses quatro métodos de estimativa, os melhores resultados foram obtidos com a ET<sub>o</sub> e o K<sub>c</sub>.

**Palavras-chave:** evapotranspiração, lisímetros, feijoeiro.

**Abstract** - The objective of this study was to determine the water requirements of common bean's (*Phaseolus vulgaris* L.) crop during the dry season of the year and to compare methods of estimation of the maximum evapotranspiration. To reach these objectives an experimental study was conducted during 1998 from September 10<sup>th</sup> to November 24<sup>th</sup> at the FAMEV/UFMT Experimental Farm in Santo Antônio do Leverger, distant 35km from Cuiabá, Mato Grosso State, Brazil (Aw climate, KÖPPEN's classification). Bean evapotranspiration was determined using six lysimeters with constant groundwater level being maintained 50cm below the surface. The reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) was estimated with the methods proposed by PENMAN (1948) and Penman-Monteith. The evaporation was measured with the class A pan and the reference evapotranspiration through drain lysimeter cultivated with grass (*Paspalum notatum* L.). The following evaluations were done: phenological stages, leaf area index (IAF), vegetative canopy height (hc), crop growth rate, grain yield and crop coefficients. The analyses showed that there were no significant differences among the four ET<sub>o</sub> estimates. The average maximum bean evapotranspiration through the cycle ranged from 1.73 to 9.64mm.day<sup>-1</sup>, with a total average of 5.2mm.day<sup>-1</sup> in the whole cycle. The average accumulated water consumption in the cycle was 415.6mm. The average crop coefficient (K<sub>c</sub>) obtained by the ET<sub>m</sub> and ET<sub>o</sub> reason for the drainage lysimeter varied from 0.37 to 1.79 in the cycle. For the conditions of this research, the maximum evapotranspiration for bean, cultivar Precocious Jalo, can be estimated with K<sub>c</sub> and reference evapotranspiration and by empirical equations in that reference evapotranspiration and the leaf area index or plant height are used or still by mean of application of the Penman-Monteith equation, using the hc and IAF values along the cycle. Among these four methods, the best results were obtained with ET<sub>o</sub> and K<sub>c</sub>.

**Key words:** evapotranspiration, lysimeters, bean.

<sup>1</sup>Extraído da Dissertação de Mestrado defendida pelo primeiro autor, dentro do Programa de Agricultura Tropical da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária-FAMEV/UFMT.

<sup>2</sup>Eng. Agr. EMPAER-MT, Res. Rubi, ap. 74, Cuiabá-MT, CEP 78.050-400. Tel: (0xx65 644.4306)

<sup>3</sup>Prof. Adjunto, Depto. de Solos e Eng. Rural – FAMEV; Núcleo de Tecnologia em Armazenamento – NTA/FAMEV/UFMT, Av. Fernando Corrêa da Costa s/n. Cuiabá-MT, CEP 78060-900.

## Introdução

No cerrado Mato-grossense, sobretudo na região da Baixada Cuiabana, onde o feijoeiro é cultivado por pequenos produtores, o cultivo na época do final das chuvas e na seca necessita de irrigação, com o produto final chegando no mercado na entre-safra, com melhores cotações. A irrigação neste período torna-se fundamental e a necessidade de água para a cultura é um parâmetro importante de ser avaliado.

Segundo SEDIYAMA (1991) existem cerca de 50 métodos ou técnicas para a estimativa da necessidade de água das culturas, mas a diversidade de resultados alcançados nos diferentes métodos, quase sempre, é causa de preocupações dos pesquisadores, no sentido de identificar qual método estima a evapotranspiração corretamente.

Os lisímetros permitem determinar diretamente a evapotranspiração em condições controladas, onde o deflúvio superficial, a ascensão capilar e a drenagem profunda, ou são evitados, ou tornam-se de fácil mensuração, (ABOUKHALED et al., 1986).

O lisímetro de nível freático constante, ou evapotranspirômetro, de uso mais difundido no Brasil, é o método mais utilizado para determinação da evapotranspiração máxima (ET<sub>m</sub>) das culturas, para eventual definição do valor do coeficiente de cultura por estágio de desenvolvimento das mesmas. Para este tipo de lisímetro, é mantido constante o nível freático na parte inferior do tanque. Ocorrendo a evapotranspiração, a água do nível freático se desloca para a zona radicular por capilaridade. O decréscimo do nível freático, causado por este deslocamento, é compensado automaticamente por um dispositivo de alimentação, sendo que, a quantidade de água necessária para repor seu nível é medida em um reservatório de abastecimento (VILLA NOVA & REICHARDT, 1989).

A altura do lençol freático determina a umidade da zona radicular e influi no suprimento de água e na aeração do solo, limitando o sistema radicular (ANDRADE, 1991).

VALADÃO & KLAR (1996), em experimento para avaliar o efeito de duas profundidades do lençol freático (55 e 75cm) sobre o desempenho do feijoeiro, observaram que o nível mais profundo do lençol freático proporcionou uma queda na produção da ordem de 46 % em relação ao mais superficial.

Segundo SEDIYAMA (1991), na determinação da evapotranspiração a melhor situação é quando os resultados de pesquisa de campo podem ser dire-

tamente utilizados na quantificação das exigências hídricas das culturas. Entretanto, tais informações não estão disponíveis ou não são aplicáveis em todos os locais.

O coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>) relaciona as necessidades hídricas máximas (ET<sub>m</sub>) com a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (VILLA NOVA & REICHARDT, 1989). Entretanto, o uso de equações empíricas associando a evapotranspiração máxima com a evaporação e a área foliar, também podem ser empregadas (CASEIRO et al., 1997).

LOPES (1989), trabalhando com a cultura do feijoeiro, observou que o valor do coeficiente de cultura aumentou em decorrência do crescimento da área foliar.

Pesquisando lisímetros de nível constante em Botucatu-SP, CURY (1985) constatou existir diferenças nos valores do K<sub>c</sub> encontrados para os períodos de inverno e verão, sendo que no verão estes sempre foram maiores.

Estudos de evapotranspiração do feijoeiro foram realizados em vários locais, por diferentes pesquisadores e os resultados obtidos têm demonstrado efeito das diferenças climáticas e das variedades em que foram realizadas as medições. DOORENBOS & KASSAN (1979) estimaram a demanda hídrica do feijoeiro na faixa de 300 a 500mm para a obter rendimentos máximos. VALADÃO & KLAR (1996) verificaram um consumo médio de 348mm e média diária de 3,75mm.dia<sup>-1</sup> para o feijoeiro semeado em 22/08/94, em Botucatu-SP, utilizando o método do lisímetro. GUANDIQUE (1993) obteve valores totais de 190mm e médios de 2,1mm. dia<sup>-1</sup>, para semeadura em maio, em Piracicaba-S.P. SANTOS & ANDRÉ (1992) obtiveram valores de evapotranspiração de 317,3mm para semeadura no mês de janeiro, em Piracicaba.

O objetivo do presente trabalho foi determinar a quantidade de água exigida pela cultura do feijoeiro na Baixada Cuiabana, bem como coeficientes de cultura (K<sub>c</sub>) e comparar métodos de estimativa da evapotranspiração máxima da cultura.

## Material e métodos

O experimento foi realizado no período de 10/09 a 24/11/1998, na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, no Município

de Santo Antônio do Leverger-MT, latitude 15°47'S, longitude 56°04'W e altitude 140m, distante 35km de Cuiabá.

O clima da região é Aw, de acordo com a classificação climática de Koeppen. A temperatura média mensal varia de 22°C a 27°C e a precipitação média anual é de 1.320mm. O solo da área experimental, foi classificado como Podzólico Vermelho Amarelo.

Foram utilizados seis lisímetros de nível freático constante. O nível do lençol freático foi mantido a 50cm da superfície do solo. Os lisímetros foram construídos com caixas de cimento-amianto de 1.000 litros de capacidade e uma área de exposição de 1,4m<sup>2</sup>. Para cada lisímetro, existia um reservatório de abastecimento e um sistema de medição e manutenção do nível do lençol freático, uma cobertura plástica removível e um sistema de drenagem ligado a um fosso coletor.

A cultura utilizada foi o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar Jalo Precoce, recomendado pela EMBRAPA para o Estado de Mato Grosso (EMBRAPA/CNAPAF, 1995).

A cultura foi semeada em 10/09/98 nos seis lisímetros e na área de bordadura em um total de aproximadamente 1.000m<sup>2</sup>. O espaçamento foi de 50cm entre linhas, com 12 a 14 sementes por metro linear e população final de 240.000 plantas.ha<sup>-1</sup>. Nos lisímetros a população de plantas variou de 31 a 36. A colheita foi realizada no dia 24/11/98.

Os estádios de desenvolvimento da cultura (Tabela 1) foram caracterizados segundo critérios propostos por Geptz, Fernández e Lopez (1983), citados por FANCELLI (1990).

Semanalmente foi realizada a avaliação visual dos estádios de desenvolvimento em que se encontravam as plantas dos lisímetros. Em função destas observações determinou-se a duração de cada subperíodo de desenvolvimento, em dias (Tabela 2).

A ETm foi determinada pela equação do balanço de massa de cada lisímetro, em intervalos de tempo que variaram de um a dois dias:

$$ETm = I + P + AC - DP - ES + \Delta A$$

onde I é a irrigação, P a precipitação, AC a ascensão capilar, DP a drenagem profunda; ES o escoamento superficial e  $\Delta A$  a variação no armazenamento

A evapotranspiração de referência (ETo) foi determinada de quatro maneiras diferentes: medindo-se diretamente em lisímetro contendo a cultura de

referência "grama" (EToLSD), e realizando estimativas utilizando-se os métodos de Penman-Monteith (EToPM), Penman 1948 (EToP48) e Tanque Classe "A".

Os resultados obtidos em dois dos lisímetros de nível constante foram utilizados para obter estimativas da evapotranspiração máxima usando o modelo do Kc, o modelo Penman-Monteith e dois modelos empíricos usando a evapotranspiração de referência, o índice de área foliar (IAF) e a altura da cultura.

Os coeficientes de cultura foram calculados por meio da razão entre a ETm média em cada estádio de desenvolvimento da cultura de dois lisímetros de nível constante (2 e 6) e os valores medidos de EToLSD.

Para determinar a evapotranspiração máxima pelo método de Penman-Monteith, utilizou-se a equação recomendada por ALLEN et al. (1989), considerando-se que os valores de resistência aerodinâmica (ra) e de resistência da cultura (rc) variaram de acordo com os valores medidos do IAF e da altura da cultura ao longo do ciclo. Os valores de ETm Penman-Monteith foram calculados para todos os dias do período estudado.

Para análise dos métodos da estimativa da evapotranspiração máxima, procedeu-se a comparação entre os dados estimados por cada um dos modelos e os dados observados nos outros três lisímetros de nível constante.

Na análise foram considerados os seguintes indicadores estatísticos: precisão - coeficientes de correlação "r"; exatidão - índice de concordância "d" de Willmott; e índice de confiança ou desempenho "c", produto dos índices anteriores (CAMARGO & SENTELHAS, 1997). Além disso, foi calculado o erro padrão de estimativa de cada modelo.

Para cálculo do índice designado de concordância, representado pela letra "d" (WILLMOTT et al., 1985), foi utilizada a seguinte expressão:

$$d = \frac{\sum (P_i - O_i)}{\sum (|P_i - O| + |O_i - O|)^2}$$

onde Pi é estimado de ETm, Oi o valor observado de ETm e O a média dos valores observados de ETm.

No final do ciclo da cultura foram colhidos os legumes das plantas de todos os lisímetros e em três parcelas de igual tamanho demarcadas na bordadura com igual número de plantas. Os grãos

**Tabela 1.** Caracterização dos estádios de desenvolvimento do feijoeiro comum.

Estádio de desenvolvimento		Início do estágio
Código	Característica	
VO	Germinação	Semeadura
V1	Emergência	Os cotilédones de 50% das plantas aparecem ao nível do solo.
V2	Desdobramento das folhas primárias	As folhas primárias de 50% das plantas estão desdobradas.
V3	Emissão da primeira folha trifoliada.	A primeira folha trifoliada de 50% das plantas está desdobrada.
V4	Emissão da terceira folha trifoliada	A terceira folha trifoliada de 50% das plantas está desdobrada.
R5	Início da fase reprodutiva.	Aparecem os primeiros botões florais em 50% das plantas.
R6	Floração	Abertura da primeira flor em 50% das plantas.
R7	Formação das vagens	Aparecimento das primeiras vagens em 50% das plantas, ao murchar a corola.
R8	Enchimento das vagens	Primeira vagem cheia de sementes em 50% das plantas.
R9	Maturação	Modificação da cor das vagens em 50% das plantas.

foram pesados separadamente para cada lisímetro e as parcelas colhidas. Em seguida, determinou-se a umidade pelo método gravimétrico. A produção final obtida foi transformada em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , na unidade de 13%.

## Resultados e discussão

O ciclo da cultivar Jalo Precoce foi de 75 dias (Tabela 2), confirmando dados do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, que descrevem esta cultivar como de ciclo médio de 72 dias (EMBRAPA/CNPAF, 1995).

O rendimento médio do feijão, foi de  $1.551,5\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a 13% de umidade, com intervalo de confiança de  $\pm 102,40\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (95%) e coeficiente de variação de 6,60%. Estes valores estão de acordo com os apresentados pela EMBRAPA, sendo que em

oito experimentos conduzidos pelo Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, em seis municípios do Estado de Goiás, a cultivar Jalo Precoce produziu em média,  $1.574\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (EMBRAPA/CNPAF, 1995).

Os valores de  $E_{To}$  diários foram agrupados por subperíodos fenológicos e submetidos ao teste F pela análise da variância. Os resultados obtidos revelaram que não ocorreram diferenças significativas entre os métodos utilizados para estimativa de  $E_{To}$  (Tabela 3).

O método  $E_{To}$  Penman não diferiu estatisticamente dos outros métodos de estimativa de  $E_{To}$  aos níveis de 1 e 5% de probabilidade. Este resultado é coerente com aqueles obtidos por ALLEN et al. (1989), que não encontrou diferença entre o método de Penman em relação a  $E_{ToLISD}$  em Coshocton-Ohio, e entre o método de Penman-Monteith em relação a  $E_{ToLISD}$  em Seabrook.

O valor do coeficiente de cultura ( $K_c$ ), obtido pela razão  $E_{Tm}/E_{To}$  para dois lisímetros (2 e 6) e para a o método de  $E_{ToLISD}$ , são apresentados na Tabela 4.

O coeficiente de cultura obtido no ciclo da cultura variou de 0,37 a 1,79, com  $K_c$  médio de 1,18. Resultados semelhantes foram encontrados por LOPES (1989), com  $K_c$  médio de 1,2

Os valores de  $E_{Tm}$  Penman-Monteith foram calculados para todos os dias do período estudado e a seguir foram feitas as médias decendiais que estão na Tabela 5.

Para  $r_1$ , que é o valor médio diário da resistência estomática de uma folha, foi

**Tabela 2.** Estádios de desenvolvimento do feijoeiro, cultivar Jalo Precoce. UFMT- Santo Antônio do Leverger-MT, 1998.

Subperíodos	Início	Duração(dias)
Semeadura	10/09	
Germinação - V0	10/09	06
Emergência - V1	16/09	02
Desdobramento das folhas primárias - V2	18/09	06
Emissão da primeira folha trifoliada - V3	24/09	08
Emissão da terceira folha trifoliada - V4	02/10	09
Emissão dos Botões florais - R5	11/10	05
Floração - R6	16/10	06
Formação de legumes - R7	22/10	09
Enchimento de legumes - R8	02/11	12
Maturação - R9	12/11	12
V0 - R9	24/11	75

**Tabela 3.** Resultado da análise da variância dos valores de ETo medido e estimado pelos métodos de Penman, Penman-Monteith e do Tanque Classe A, em Santo Antônio do Leverger-MT, 1998.

Causas da variação	SQ	GL	QM	F
Métodos de ETo	1,44	3	0,48	1,09
Subperíodos	20,80	9	2,31	5,25*
Resíduo	11,88	27	0,23	
Total	34,12	39,		

\* Teste significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

considerado o valor da grama, porque não se dispunha de dados para o feijoeiro.

As equações de regressão múltiplas obtidas quando a variável independente foi a Evapotranspiração de Referência do Lisímetro de Drenagem e o Índice de Área Foliar (IAF) ou altura de planta (hc), são apresentadas na Tabela 6. Entre elas, a melhor combinação para a estimativa da evapotranspiração máxima foi conseguida quando se usou como variável independente a evapotranspiração de referência e o índice de área foliar (IAF), confirmando resultados já obtidos por CAMPELO JÚNIOR (1985), OLIVEIRA et al. (1993) e CASEIRO (1997).

Os resultados obtidos na avaliação de desempenho dos modelos, usando dados medidos e dados estimados, encontram-se na Tabela 7, em que se observa que o desempenho de cada um dos métodos de

**Tabela 4.** Valor de Kc para os diferentes estádios fenológicos para a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar Jalo Precoce. UFMT-Santo Antônio do Leverger-MT, 1998.

Estádios	Kc
Germinação - V0	0,60
Emergência - V1	0,37
Desdobramento das folhas primárias - V2	0,98
Emissão da primeira folha trifoliada - V3	1,37
Emissão da terceira folha trifoliada - V4	1,09
Emissão dos Botões florais - R5	1,76
Floração - R6	1,42
Formação das vagens - R7	1,79
Enchimento das vagens - R8	1,50
Maturação - R9	0,90
Média	1,18

**Tabela 5** Médias decendiais de evapotranspiração máxima em relação a sementeira pelo método Penman-Monteith para a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Jalo Precoce. UFMT-Santo Antônio do Leverger-MT, 1998.

Decêndios	ETm Penman-Monteith
1º	1,18
2º	2,61
3º	3,91
4º	5,01
5º	4,63
6º	4,13
7º	5,63
8º	5,66

estimativa da evapotranspiração máxima foi diferente. O método do Kc apresentou os melhores resultados. O modelo com regressão linear múltipla com as variáveis EToLSD e IAF teve desempenho intermediário. O método de Penman-Monteith apresentou os piores resultados.

O modelo que utilizou o coeficiente de cultura apresentou melhor desempenho, provavelmente porque as variáveis que refletem o efeito das condições da cultura parecem guardar uma dependência importante com os aspectos fenológicos da cultura, que não foi suficientemente equacionada pelo modelo de Penman-Monteith, nem pelo modelo empírico que leva em consideração o IAF e a ETo, embora estas pareçam ser as variáveis mais significativas para determinar a necessidade de água da cultura.

## Conclusões

As exigências de água para o feijoeiro, cultivar Jalo Precoce, são afetadas pelas condições atmosféricas e pela área foliar das plantas;

Os quatro métodos de evapotranspiração de referência avaliados: medida em lisímetros, utilizando Tanque Classe A, Penman (1948) e Penman-Monteith, não diferem estatisticamente entre si para quantificação da ETm;

Os valores do coeficiente de cultura variam de 0,37 a 1,79 de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura, com Kc médio de 1,18;

A estimativa das necessidades de água do feijoeiro Jalo Precoce pode ser obtida por meio do uso de coeficientes de cultura, ou do uso de uma equa-

**Tabela 6.** Equações de regressão múltipla entre a evapotranspiração máxima (ET<sub>m</sub>) e os métodos de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), índice de área foliar (IAF) e altura da planta (hc).

Variável dependente	Variáveis independentes	Equações	Coefficiente de Determinação
ET <sub>m</sub>	IAF ET <sub>o</sub> LD	ET <sub>m</sub> = 0, ET <sub>m</sub> = 0,72 IAF + 1,52 ET <sub>o</sub> LD - 2,62	0,86*
ET <sub>m</sub>	Altura ET <sub>o</sub> LD	ET <sub>m</sub> = 0,07 hc + 1,49 ET <sub>o</sub> LD - 2,93	0,76**

Teste significativo aos níveis de 1% (\*\*) e 5% (\*) de probabilidade pelo teste F de Snedecor.

ção em que as variáveis usadas são a evapotranspiração de referência e o índice de área foliar;

Para determinação da evapotranspiração máxima, o modelo que trabalha com coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>), é o que apresenta melhor desempenho.

### Referências bibliográficas

- ABOUKHALED, A., ALFARO, J.F., SMITH, M. **Los lisímetros**. Roma : FAO, 1986. 60 p. (Estudio FAO Riego y Drenaje, 24).
- ALLEN, R.G., WRIGHT, J.L., BURMAN, R.S. et al. Operational estimates of reference evapotranspiration. **Agronomy Journal**, Madison v. 81 p. 650-62, 1989.
- ANDRADE, L.M. de. **Efeito de diferentes profundidades freáticas sobre a evapotranspiração e sobre a produção e os componentes da produção do milho-doce (*Zea mays* L.)**. Viçosa,. 1991, 53 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa. 1991
- CAMARGO, A.P., SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- CAMPELO JÚNIOR., J.H. **Avaliação da capacidade de extração da água do solo pelo arroz de sequeiro (*Oriza sativa* L.) sob diferentes doses de nitrogênio**. ESALQ/USP : Piracicaba, 1985. 127 p. (Tese de Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo.
- CASEIRO, F.T., CAMPELO JÚNIOR., J.H., PRIANTE FILHO, N. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura do milho (*Zea mays* L.), no período seco em Santo Antônio do Leverger-MT. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 177-182, 1997.
- CURY, D.M. **Demanda de água na cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.)**. Piracicaba, 1985. 79 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1985.
- DOORENBOS, J., KASSAM, A.H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Roma : FAO, 1979. 212 p. (Estudio FAO : Riego y Drenaje, 33).
- EMBRAPA/CNAPAF. **Jalo Precoce**. Goiânia : Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão/CNAPAF, 1995, 6 p. (Folheto).
- FANCELLI, A.L. **A cultura do feijão irrigado**. Piracicaba : FEALQ, 1990 p. 1-24.
- GUANDIQUE, M.E.G. **Balanço hídrico no solo e consumo de água pela cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado**. Piracicaba, 1993. 94 p. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia)- Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, USP. 1993.
- LOPES, A.C. **Coefficiente de cultura e relação ETr/ETc para a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado**. Viçosa, 1989. 76 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1989.
- OLIVEIRA, F.A., SILVA, J.J.S., CAMPOS, T.G.S. Evapotranspiração e desenvolvimento radicular do

**Tabela 7.** Desempenho dos métodos de estimativa da ET<sub>m</sub>, segundo índice de desempenho “c”, em correlação com dados de lisímetros conduzidos no período seco em Santo Antônio do Leverger-MT, 1998.

Métodos	Coefficiente de concordância “d”	Coefficiente de correlação “r”,	Índice “c”	Desempenho	Erro Padrão de Estimativa
Kc	0,98	0,99	0,97	Ótimo	0,38 mm.dia <sup>-1</sup>
Empírico usando IAF	0,89	0,85	0,76	Muito Bom	1,09 mm.dia <sup>-1</sup>
Penman Monteith	0,72	0,72	0,52	Sofrível	1,92 mm.dia <sup>-1</sup>
Empírico usando altura	0,57	0,69	0,39	Péssimo	2,68 mm.dia <sup>-1</sup>

- milho irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 12, p. 1349-1467, 1993.
- SANTOS, R.Z., ANDRÉ, R.G.B. Consumo de água nos diferentes estádios de crescimento da cultura do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 543-48, 1992.
- SEDIYAMA, G.C. Necessidade de água para os cultivos. In. **Curso de Engenharia de Irrigação**. Brasília : Associação Brasileira de Ensino Agrícola Superior, 1991. 143 p.
- VALADÃO, L.T., KLAR, A.E. Evapotranspiração do Feijoeiro Comum (*Phaseolus vulgaris* L.), em dois níveis do lençol freático. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11., Campinas, 1996. **Anais...** Campinas : Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, v. 1, 1996. p. 163-176.
- VILLA NOVA, N.A., REICHARDT, K. Evaporação e evapotranspiração. In: RAMOS, F. et al. **Engenharia Hidrológica**. Rio de Janeiro : ABRH/UFRJ, 1989. Cap. 3, p. 145-97.