

## EVAPOTRANSPIRAÇÃO E COEFICIENTE DE CULTIVO PARA CAFEIROS ADULTOS

Bruno Patias Lena<sup>1</sup>; Danilton Luiz Flumignan<sup>2</sup>, Rogério Teixeira de Faria<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduando, Bolsista do PIBIC/CNPq, UEL, Londrina-PR, [brunoplana@yahoo.com.br](mailto:brunoplana@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Doutorando, Bolsista Fapesp, ESALQ, Piracicaba-SP, [flumigna@esalq.usp.br](mailto:flumigna@esalq.usp.br)

<sup>3</sup> Pesquisador, IAPAR, Bolsista CNPq, Londrina-PR, [rtfaria@iapar.br](mailto:rtfaria@iapar.br)

**RESUMO:** A determinação do consumo hídrico de uma cultura é extremamente importante para diversas atividades na agricultura, tais como zoneamento agrícola, demanda de irrigação e estudos hidrológicos em geral. Esse trabalho teve como objetivos determinar: a) evapotranspiração (ET) de cafeeiros adultos sob três regimes hídricos: irrigado por aspersão, gotejamento e não irrigado e b) coeficientes de cultivo (Kc) sob os dois regimes hídricos irrigados. O estudo foi conduzido no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), com cafeeiros da cultivar IAPAR 59 com cinco e seis anos de idade, durante o período de setembro de 2006 a maio de 2008. A evapotranspiração foi medida por cinco lisímetros de pesagem, sendo 2 irrigados com aspersão, 1 com gotejamento e os outros 2 sem irrigação. A irrigação foi aplicada, em média, duas vezes por semana para manter o solo com umidade na capacidade de campo. Precipitação e dados meteorológicos para o cálculo da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foram coletados nas estações meteorológicas do IAPAR e do SIMEPAR, instaladas ao lado dos lisímetros. O coeficiente de cultivo foi determinado pela razão entre ET e ET<sub>o</sub>. Mediu-se E por microlisímetros a cada 3 meses, aproximadamente, em períodos de 4 dias, e calculou-se T subtraindo-se E de ET (medida nos lisímetros). Durante o período experimental as médias de ET foram mais elevadas no tratamento irrigado por aspersão (3,2 mm dia<sup>-1</sup>) em relação aos tratamentos irrigado por gotejamento e não irrigado, que apresentaram médias equivalentes entre si (2,8 mm dia<sup>-1</sup>). A mesma tendência foi observada para Kc, devido à relação ET e ET<sub>o</sub>, obtendo-se valores maiores para o tratamento irrigado por aspersão (1) e menores para gotejamento (0,88).

**Palavra-chave:** lisímetros, irrigação, demanda hídrica.

## EVAPOTRANSPIRATION AND CROP COEFFICIENT OF ADULT COFFEE THREE

**ABSTRACT:** Determination of crop water requirements is of a great importance for many activities in agriculture, such as crop zoning, irrigation demand and hydrological studies. The objectives of this study were: a) determine evapotranspiration (ET) of adult coffee trees under three different water regimes: sprinkler irrigations, drip irrigation and no irrigation; and crop coefficient under the two irrigated water regimes. The experiment was conducted at the Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), with five and six years old coffee cultivar IAPAR 59, during September 2006 to May 2008. Evapotranspiration was measured by 5 weighting lysimeters, in which 2 were conducted under sprinkler irrigation, 1 by drip irrigation and other 2 were no irrigated. The irrigation was applied twice a week to maintain soil moisture near field capacity. Precipitation and meteorological data required to calculate reference crop evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) were collected by IAPAR and SIMEPAR weather stations, installed near the experiment. The crop coefficient was determined by the ratio between ET and ET<sub>o</sub>. During experimental period higher ET mean was found for the treatment conducted by sprinkler irrigation (3,2 mm/day), as compared to drip and no-irrigated treatments, which showed similar means (2,8 mm/day). The Kc values followed the same trend of ET, due the ratio between ET and ET<sub>o</sub>, with higher mean for sprinkler irrigation (1), followed by drip irrigation (0,88).

**Key-word:** lizymeters, irrigation, water demand.

## INTRODUÇÃO

A evapotranspiração (ET) corresponde à quantidade de água consumida em uma superfície vegetada devido a dois processos físicos: evaporação (E), que é proveniente do solo; e transpiração (T), proveniente da planta (Allen et al., 1998). Com o desenvolvimento da planta as taxas de E e T variam consideravelmente em função da área foliar. Na fase inicial de desenvolvimento a planta tem pouca área foliar e o solo se encontra exposto quase por completo às variáveis atmosféricas. Nesse caso, E representa a maior parte do fluxo de ET. À medida que a área foliar da cultura aumenta até atingir o máximo na fase de floração/início de enchimento de grãos, os valores de T aumentam e E diminuem. Nas fases seguintes, E volta a incrementar e T a diminuir devido à senescência da planta. .

A determinação de ET é difícil e onerosa, podendo ser feita por vários métodos, dentre os quais a medição a partir lisímetros de pesagem é o mais indicado pela sua alta precisão e resolução temporal, chegando a intervalos de 10 min ou até menos (HOWELL et al., 1985; FARIA et al., 2006; CARVALHO et al., 2007).

Os fatores que mais influenciam E e T, portanto ET, são as condições meteorológicas como umidade relativa do ar, temperatura, vento e radiação solar. Fatores relacionados ao manejo do cultivo também influenciam as taxas de

ET, tais como cultivar, população de plantas, irrigação, controle de pragas e fertilidade do solo, juntamente com características de solos, tais como a cor do solo e capacidade de retenção de água (Allen et al., 1998).

Além do consumo de água da cultura por ET, define-se também a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), como sendo o consumo de água de uma superfície de referência. Dentre os métodos para determinar ET<sub>o</sub> o de Penman-Monteith (ALLEN, 1986; SMITH, 1991; ALLEN et al., 1998) é considerado o método padrão. Este método utiliza dados de estações meteorológicas como radiação, temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento para calcular ET<sub>o</sub> de uma superfície de referência vegetada, ou seja, uma cultura hipotética similar à grama, caracterizada por crescimento vegetativo vigoroso, irrigada freqüentemente, com resistência aerodinâmica de 70 s m<sup>-1</sup>, altura permanente de 12 cm e albedo de 0,23.

Com os valores de ET e ET<sub>o</sub> determina-se o coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>), que indica a resposta da planta em atender as exigências atmosféricas durante o ciclo da cultura, pela seguinte relação (DOOREMBOS & KASSAM, 1979):

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

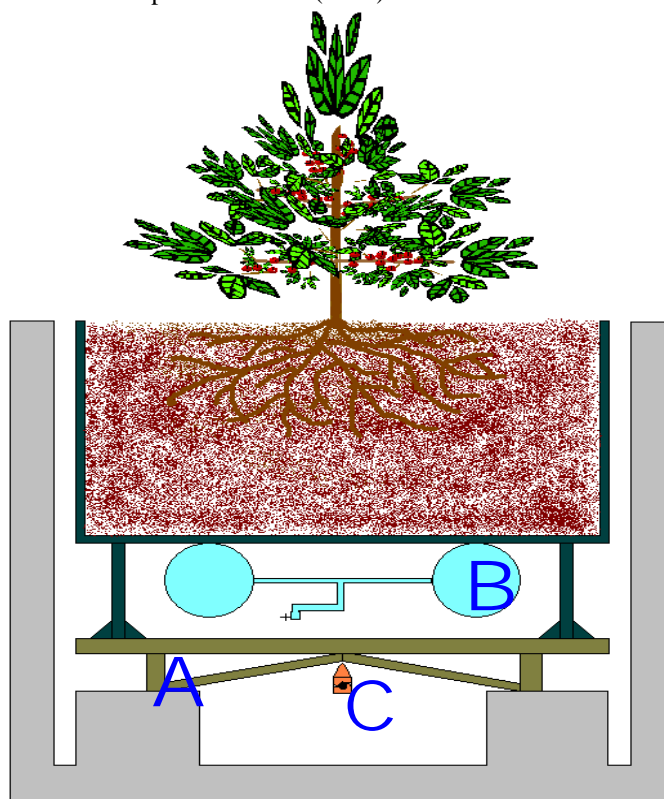
sendo K<sub>c</sub> o coeficiente de cultivo (adimensional), ET a evapotranspiração da cultura (mm) e ET<sub>o</sub> a evapotranspiração de referência (mm).

O presente trabalho teve por objetivo determinar: a) ET de cafeeiro adulto mantidos em lisímetros de pesagem sob três regimes hídricos: irrigado por aspersão, irrigado por gotejamento e não irrigado; e b) K<sub>c</sub> dos tratamentos irrigados.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Iapar, em Londrina-PR (latitude 23°18'S, longitude 51°09'W e altitude de 585 m), durante o período de 01/09/2006 a 15/08/2008. A região é de clima subtropical úmido (Cfa), segundo a classificação de Köppen, com médias anuais de temperatura de 21,0 °C e precipitação total anual de 1.584 mm (Iapar, 2009).

Cinco lisímetros de pesagem foram instalados ao lado da Estação Meteorológica do Iapar. Cada lisímetro tinha duas plantas de café (*Coffea arabica* L.) da variedade Iapar 59, plantadas nos espaçamentos de 2 m entre linhas e 1,6 m entre covas (Figura 1). Semanalmente, os dados coletados eram descarregados em um módulo de memória por meio de uma interface digital e transferido ao computador para que fossem analisados. As calibrações dos lisímetros foram realizadas previamente conforme descrito por Faria et al. (2006).



**Figura 1.** Modelo ilustrativo de um lisímetro de pesagem. A) balança de redução de peso; B) reservatório de água de drenagem; e C) célula de carga.

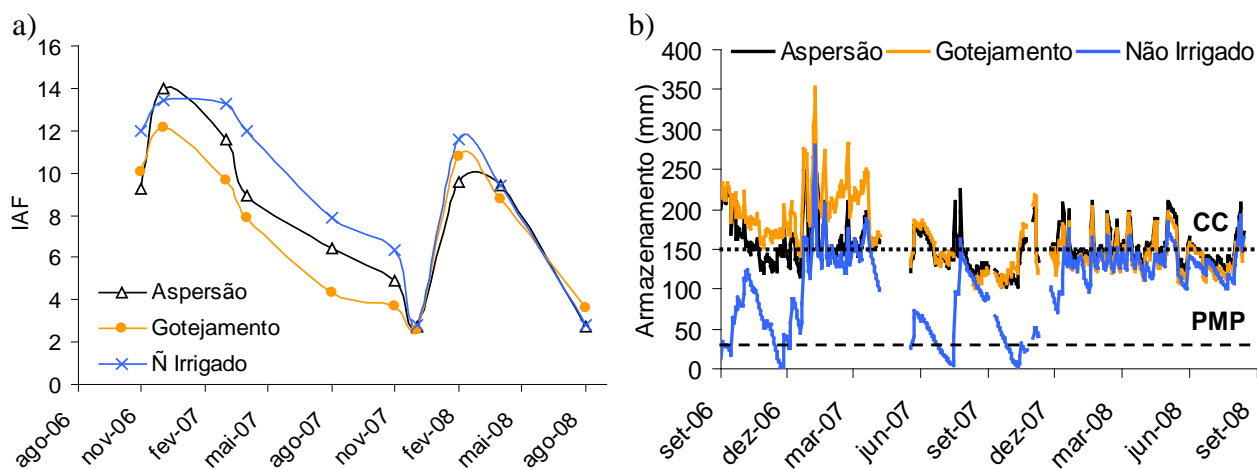
Os tratamentos consistiram de três níveis de manejo hídrico: irrigação por aspersão (dois lisímetros), irrigação por gotejamento (um lisímetro) e não irrigado (dois lisímetros). A irrigação foi aplicada com frequência média de duas vezes por semana para manter a umidade do solo próxima a da capacidade de campo (CC).

ET foi calculada pelo balanço de entrada e saída de água no sistema, levando em consideração a irrigação (I), a precipitação (P), a drenagem (D), o escoamento superficial (R, considerado zero devido à borda elevada dos lisímetros) e a diferença de armazenamento ( $\Delta A$ ), ou seja:

$$ET = P + I - R - D \pm \Delta A \quad (2)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de área foliar entre os três tratamentos foi semelhante nos dois anos, mas variou consideravelmente durante o período analisado. Em novembro a dezembro de 2006 as plantas apresentavam valores de IAF próximo de 13, decrescendo acentuadamente durante o outono e inverno até atingir valores ao redor de 3 em meados de novembro 2007. No verão seguinte o IAF dos tratamentos voltou a incrementar rapidamente até atingir valores próximos de 10 e, como no ano anterior, decresceu a valores próximos de 4 em agosto de 2008 (Figura 2a).



**Figura 2.** Índice de área foliar (a) e armazenamento de água no solo (b) dos tratamentos irrigados por aspersão, gotejamento e não irrigado na região de Londrina, PR.

Os tratamentos irrigados foram mantidos com armazenamento próximos à capacidade de campo devido às irrigações frequentes (Figura 2b). Períodos secos mantiveram o armazenamento de água no solo próximo do nível de ponto de murcha permanente em setembro de 2006 e durante janeiro, maio a agosto e novembro de 2007. Para evitar a morte das plantas devido ao déficit hídrico severo, o tratamento não irrigado recebeu 30 mm nos dias 15/09/2006, 25/11/2006 e 15/07/2007.

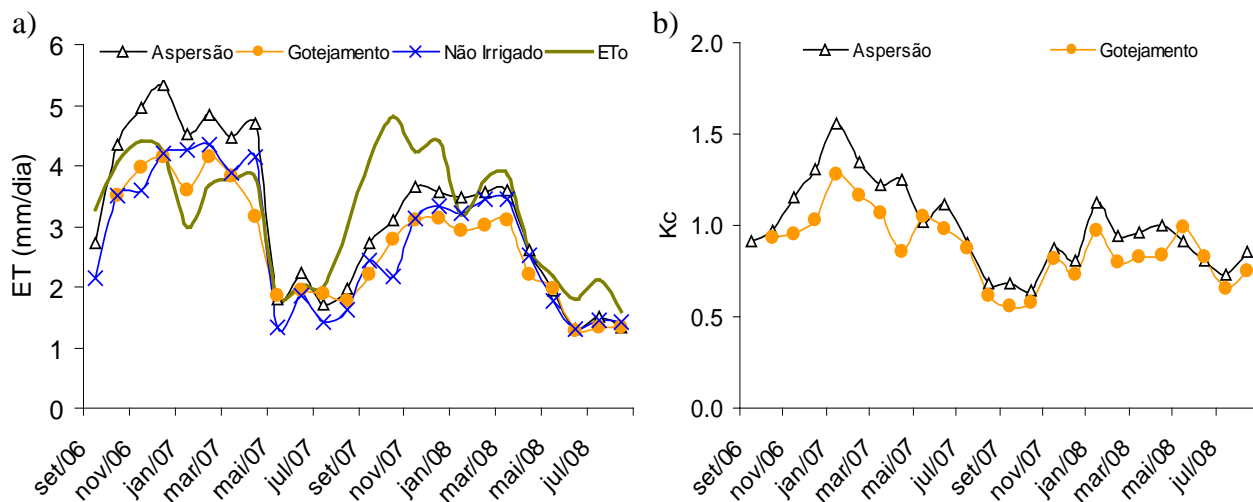
Tanto no quinto quanto no sexto ano as médias de ET e Kc para todos os tratamentos foram maiores no verão (Tabela 1). No verão de 2007, o tratamento irrigado por aspersão obteve as maiores médias de ET, seguido do não irrigado e, por último, o irrigado por gotejamento. No verão de 2008 ocorreu a mesma seqüência entre os tratamentos do ano anterior, mas com valores em torno de 25% menores.

**Tabela 1.** Médias de evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>), evapotranspiração (ET) e coeficientes de cultivo (Kc) de cafeeiros irrigado por aspersão (A), gotejamento (G) e não irrigado (NI), durante estações do ano agrícola em Londrina, PR.

Ano agrícola	Estação	ET <sub>0</sub>	ET			Kc	
			A	G	NI	A	G
2006/07 (1º ano)	Primavera	3,92	3,96	3,76	3,11	1,03	0,94
	Verão	3,60	4,90	3,98	4,27	1,40	1,15
	Outono	3,44	4,02	3,43	3,47	1,19	1,05
	Inverno	2,35	1,97	1,88	1,63	0,90	0,84
	Média	3,30	3,60	3,23	3,03	1,12	1,00
2007 / 08 (2º ano)	Primavera	4,39	3,09	2,63	2,51	0,72	0,62
	Verão	3,78	3,53	3,02	3,33	0,96	0,84
	Outono	3,02	2,86	2,50	2,73	0,96	0,87
	Inverno	1,91	1,54	1,31	1,42	0,78	0,75
	Média	3,29	2,80	2,43	2,57	0,88	0,78

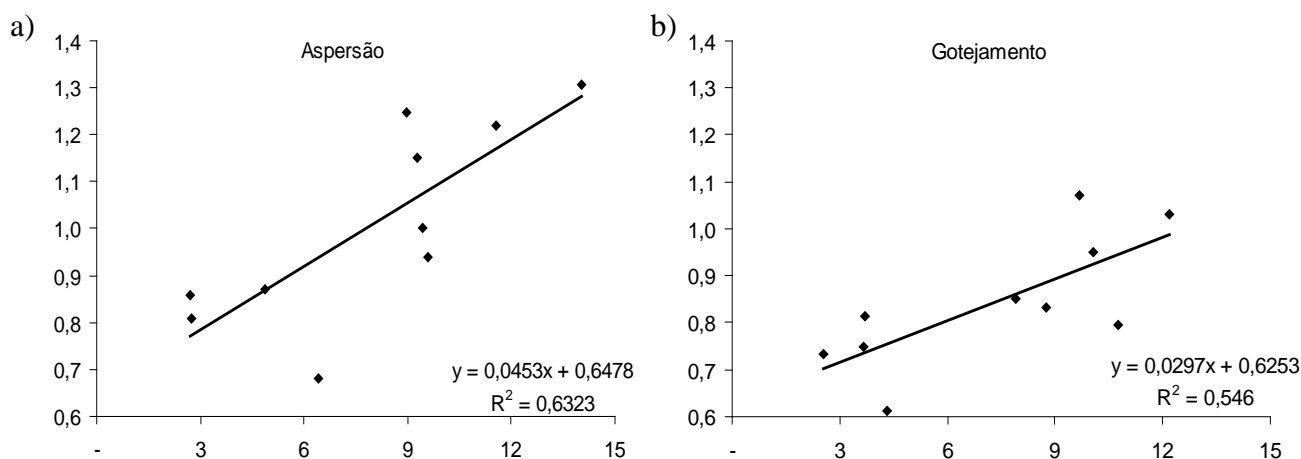
As maiores médias de ET durante o período experimental ocorreram no tratamento irrigado por aspersão (3,2 mm/dia) em comparação com menores valores dos tratamentos sob gotejamento e não irrigado (2,8 mm/dia), conforme apresentado na Figura 3a. Esse efeito deve-se à aplicação de água em toda a superfície do terreno pela aspersão, aumentando as taxas de evaporação.

A mesma tendência ocorreu para os valores de Kc nos tratamentos irrigados (devido à razão entre ET e ETo). Os valores médios foram maiores para o tratamento irrigado por aspersão (1) e menores para o irrigado por gotejamento (0,88). Esta diferença foi de aproximadamente 12% maior para o tratamento irrigado por aspersão (Figura 3b).



**Figura 3.** Média mensal da evapotranspiração (ET) nos tratamentos irrigados por aspersão, gotejamento e não irrigado e evapotranspiração de referência (a), e coeficiente de cultivo (Kc) para os tratamentos irrigados por aspersão e gotejamento (b) na região de Londrina, PR.

A regressão linear entre Kc e IAF (Figura 4) apresentou coeficientes de determinação significativos ( $\alpha = 0,01$ ) para ambos os tratamentos irrigados, demonstrando a influência da área foliar no coeficiente de cultivo, de 63% para aspersão e 55% para gotejamento. As retas de regressão mostram ainda que o valor de intercepto é similar entre os tratamentos (0,649 e 0,625), porém a declividade é maior no tratamento com aspersão (0,0453) em relação ao irrigado por gotejamento (0,0297). Este resultado demonstra que o acréscimo em IAF resulta em maior incremento em ET no tratamento com aspersão do que no gotejamento.



**Figura 4.** Relação entre índice de área foliar (IAF) e coeficiente de cultivo simples (Kc) dos tratamentos irrigados por aspersão (a) e gotejamento (b) na região de Londrina, PR.

## CONCLUSÕES

- A evapotranspiração variou, principalmente, em função da demanda atmosférica, método de irrigação e índice de área foliar;
- ET e Kc foram mais elevados no tratamento irrigado por aspersão em comparação com o tratamentos sob gotejamento;

- ET média foi similar nos tratamentos sob gotejamento e não irrigado;

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. A Penman for all seasons. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v.112, n.4, p.348-368, 1986.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration**: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO Irrigation and Drainage Paper 56)

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M.; CRUZ, F. A.; SOUZA, A. P. **Instalação, construção e funcionamento de um lisímetro de pesagem**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.27, n.2, p.363-372, maio/ago. 2007.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193p. (FAO Irrigation and Drainage Paper 33)

EMBRAPA. Sistema **brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 1999. 412p.

FARIA, R. T.; CAMPECHE, F. S. M.; CHIBANA, E. Y. **Construção e calibração de lisímetros de alta precisão**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.10, n.1, p.237-242, 2006.

HOWELL, T. A.; McCORMICK, R. L.; PHENE, C. J. **Design and installation of large weighing lysimeters**. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, Saint Joseph, v.28, n.1, p.106-117, 1985.

IAPAR, Agrometeorologia, Médias Históricas. Disponível em:  
<[http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias\\_Historicas/Londrina.htm](http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Londrina.htm)>. Acesso em: 2 abr. 2009.

SMITH, M. **Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements**. Rome: FAO, 1991. 45p.